



SKRIPSI (TK-141581)

**PEMBUATAN PUPUK ORGANIK CAIR DARI
LIMBAH AIR KELAPA DENGAN MENGGUNAKAN
BIOAKTIVATOR, *Azotobacter chroococcum* DAN
Bacillus mucilaginosus.**

**Oleh :
Johndiar Manuel
NRP. 2313100018**

**Rachmat Sandryan
NRP. 2313100096**

**Dosen Pembimbing
Ir. Nuniek Hendrianie, M.T.
NIP. 195711111986012001**

**Dr. Eng R. Darmawan, S.T., M.T.
NIP. 197805062009121001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT (TK-141581)

**THE MAKE OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER
FROM COCONUT WASTE WATER USING
BIOACTIVATOR, *Azotobacter chroococcum* AND
Bacillus mucilaginosus.**

By :

**Johndiar Manuel
NRP. 2313100018**

**Rachmat Sandryan
NRP. 2313100096**

Advisors :

**Ir. Nuniek Hendrianie, M.T.
NIP. 195711111986012001**

**Dr. Eng R. Darmawan, S.T., M.T.
NIP. 197805062009121001**

**DEPARTEMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

“Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Air Kelapa Dengan Menggunakan Bioaktivator, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus*.”

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik
Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**Johndiar Manuel
Rachmat Sandryan**

**NRP. 2313 100 018
NRP. 2313 100 096**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Nuniek Hendrianie, M.T
(Pembimbing 1)
2. Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T.
(Pembimbing 2)
3. Dr. Ir. Sri Rahmania Juliastuti, M. Eng
(Penguji I)
4. Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng
(Penguji II)
5. Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M. Eng
(Penguji III)

.....

.....



Surabaya, Juli 2017

ABSTRAK

Di Indonesia kebutuhan pupuk semakin meningkat, sementara produksinya terbatas. Sementara penggunaan pupuk anorganik yang berlebih dapat membahayakan tanah, sehingga perlu adanya pengembangan pupuk organik, yaitu dengan memanfaatkan limbah air kelapa tua yang jumlahnya sangat melimpah di Indonesia. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah air kelapa sebagai media pembuatan pupuk organik cair, mempelajari pengaruh rasio aktivator (EM4) terhadap mikroba *Azotobacter chroococcum* dan mikroba *Bacillus mucilaginosus* pada limbah air kelapa mengenai peningkatan unsur hara dan mengamati hasil pertumbuhan tanaman (bayam, sawi dan kangkung) yang menggunakan pupuk cair dari limbah air kelapa. Variabel yang digunakan adalah penambahan aktivator berupa EM4 100%, *Azotobacter chroococcum* 100 %, *Bacillus mucilaginosus* 100 %, campuran antara 2 mikroba , 3 mikroba dan juga kontrol negatif. Dari hasil analisa akhir pupuk cair didapatkan hasil terbaik pada variabel campuran EM4 dan *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) dengan kenaikan kadar N sebesar 100%, kenaikan P sebesar 1.87%, kenaikan K sebesar 287.5% dan penurunan C sebesar 75.81%, Dari hasil pengamatan pemupukan pada tanaman, didapatkan pertambahan panjang batang dan lebar daun tanaman bayam, sawi dan kangkung terbesar pada variabel campuran EM4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) sebesar 5.5 cm ; 0.625 cm , 1.5 cm ; 1.075 cm dan 1.525 cm ; 0.875 cm

Kata kunci : air kelapa, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus*, EM4, pupuk cair

ABSTRACT

Indonesia have the demand of fertilizer that increase continuously. While the production is limited in the same time an excess use of inorganic fertilizer could be harmful the ground, so that we need to develop organic fertilizers using waste water of old coconut which amount is very abundant in Indonesia. This study aims to use waste water of coconut as media to manufacture of liquid organic fertilizers, studies influence the ratio of activator (EM4) against microbes *Azotobacter chroococcum* and microbes *Bacillus mucilaginosus* on waste water of coconut to improving nutrient and observing the results in the growth of plants (spinach, mustard and kale) by using liquid fertilizer from waste water of coconut. Variable used is the addition of the activator EM4 100 % , *Azotobacter chroococcum* 100 % , *Bacillus mucilaginosus* 100 % , mix of 2 microbes , mix of 3 microbes and control negative. From the final analysis obtained the best results is the mix of EM4, *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus mucilaginosus* (1: 1: 1) that could increase concentration of N by 100 % , P by 1,87 % , K by 287,5 % and decline of C by 75.81 % . From our observation fertilization in plants , obtained the growth from stems and leaves of spinach , mustard and kale is the largest in the mix of EM4 , *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus mucilaginosus* (1: 1: 1) , respectively 5.5 cm; 0.625 cm , 1.5 cm; 1.075 cm and 1.525 cm; 0.875 cm.

Keywords: *Azotobacter chroococcum* , *Bacillus mucilaginosus* , EM4, liquid fertilizer, water of coconut

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan ridho-Nya yang telah memberikan kekuatan sehingga kami dapat melaksanakan Laporan Skripsi yang berjudul **” Pembuatan Pupuk Organik Cair Dari Limbah Air Kelapa Dengan Menggunakan Bioaktivator, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus*.**” dan menyelesaikan laporan ini tepat pada waktunya. Laporan Skripsi ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D., M.Eng, Selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya
2. Ibu Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M.Eng selaku Kepala Laboratorium Teknologi Pengolahan Biologis Limbah Cair Industri
3. Ibu Ir. Nuniek Hendrianie, MT selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Dr. Eng R. Darmawan, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing kedua.
4. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya
5. Orang tua dan saudara-saudara kami serta teman - teman, atas doa, bimbingan, perhatian, dan kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan kritik saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Judul	1
I.2 Latar Belakang.....	1
I.3 Rumusan Masalah.....	4
I.4 Tujuan Penelitian.....	4
I.5 Manfaat Penelitian.....	5
I.6 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Kelapa	7
II.2 Aktivator (EM-4)	9
II.3 <i>Azotobacter</i>	13
II.4 <i>Bacillus mucilaginosus</i>	15
II.5 Pupuk Organik Cair.....	17
II.6 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Kondisi Operasi	27
III.2 Variabel	28
III.3 Bahan dan Peralatan	28
III.4 Prosedur Penelitian	30
III.5 Skema Penelitian.....	33
III.6 Jadwal Penelitian	35

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil Penelitian.....	37
IV.2 Pembahasan	39
IV.2.1 Pembahasan Prosedur Penelitian Pembuatan Pupuk Organik Cair	39
IV.2.2 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap Kandungan N, P, K dan C Organik	43
IV.2.3 Pembahasan Hasil Pupuk pada Uji Tanaman Bayam Sawi dan Kangkung	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	63
V.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Aktivator (EM4).....	9
Gambar II.2 Bentuk Bakteri <i>Azotobacter</i>	13
Gambar II.3 Siklus Kalium	16
Gambar III.1 Skema Susunan Alat <i>Mix Reactor</i>	29
Gambar IV.1 Kurva Pertumbuhan Bakteri.....	40
Gambar IV.2 Grafik Jumlah Bakteri (sel/ml) dalam air kelapa vs Waktu (hari).....	42
Gambar IV.3 Grafik Presentase Kenaikan Kadar Nitrogen pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa	44
Gambar IV.4 Grafik Presentase Kenaikan Kadar Fosfor pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa	46
Gambar IV.5 Grafik Presentase Kenaikan Kadar Kalium pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa	48
Gambar IV.6 Grafik Presentase Penurunan Kadar Karbon pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa	50
Gambar IV.7 Grafik Presentase Penurunan Rasio C/N pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa	52
Gambar IV.8 Peraturan Menteri Pertanian Nomor70/Permentan /SR.140/10/2011.....	53
Gambar IV.9 Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Bayam Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari....	56
Gambar IV.10 Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Sawi Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari....	57
Gambar IV.11 Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman kangkung Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari....	58

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Kandungan Proksimat Kelapa Muda dan Kelapa Tua.....	7
Tabel II.2 Komposisi Air Kelapa.....	9
Tabel II.3 Kumpulan Gambar Mikroba Dalam EM4	13
Tabel II.4 Peranan Mikroorganisme serta Manfaat pada Tanaman.....	16
Tabel II.5 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Cair Organik Berdasarkan Peraturan Pertanian (Lampiran I PermentanNo70/SR.140/10/2011 2004).....	22
Tabel II.6 Penelitian dan Hasil Penelitian Terdahulu	23
Tabel III.1 Jadwal Kegiatan	36
Tabel IV.1 Hasil Analisa Limbah Air Kelapa Sebelum Menjadi Media Pembuatan Pupuk Organik Cair.....	37
Tabel IV.2 Hasil Analisa N,P,K,C Organik dan Rasio C/N setelah Proses Selama 5 Hari	38
Tabel IV.3 Hasil Analisa N,P,K,C Organik dan Rasio C/N setelah Proses Selama 10 Hari	39
Tabel IV.4 Kadar Pupuk Organik Cair di Pasaran sebagai Referensi	54
Tabel IV.5 Kadar Pupuk Organik Cair Hasil Penelitian.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Judul

Judul penelitian yang akan kami lakukan adalah **“Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa dengan Menggunakan Bioaktivator, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus*”**.

I.2 Latar Belakang

Kondisi industri pupuk di Indonesia memiliki berbagai masalah yang serius. Pertama, permasalahan pabrik pupuk yang sudah berusia tua sehingga efisiensi produksinya makin menurun. Kedua, kebutuhan pupuk yang semakin meningkat, sementara produksinya terbatas, sehingga terjadi kelangkaan pupuk. Kelangkaan pupuk juga pernah melanda Indonesia pada tahun 2008 kemarin. Ketiga, penggunaan pupuk anorganik meningkat drastis akibat fanatisme petani dan bertambahnya luas areal tanam, sementara penggunaan pupuk organik belum berkembang (Setneg, 2009).

Selain itu, perkembangan teknologi pemupukan dalam dekade terakhir telah menunjukkan makin banyak tanda-tanda kelelahan tanah (*fatigue soils*) akibat aplikasi input kimia dari pupuk anorganik selama puluhan tahun. Tanah-tanah yang semula subur karena mengandung cukup bahan organik makin tidak mampu lagi mendukung produktivitas tanaman secara ekonomis. Menyusutnya kadar bahan organik tanah akibat budidaya intensif dan minimnya input organik mengakibatkan efisiensi pemupukan kimia menurun drastis. Satu-satunya kunci untuk mengembalikan kesuburan tanah tersebut adalah dengan pemberian *ameliorant* (pembenah) tanah, seperti pupuk organik, pupuk hayati, dan/atau pupuk mineral alami.

Peran bahan organik (C, N, P, dan K) dalam tanah telah diteliti puluhan tahun dan diperoleh kesimpulan bahwa pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman

sangat nyata. Namun, dengan kadarnya yang makin rendah di dalam tanah maka dibutuhkan penambahan berupa kompos atau yang sudah diolah menjadi pupuk organik. Perlu dipahami bahwa peran pupuk organik tidak mungkin secara ekonomis dan praktis menggantikan seluruh nutrisi tanaman yang ada di dalam pupuk an-organik.

Peran-peran tersebut kemudian menempatkan pupuk organik sebagai ameliorant tanah yang cukup efektif untuk membangkitkan kembali kesuburan tanah. Apabila pemupukan dengan pupuk an-organik dipaksakan pada tanah-tanah mineral dengan kadar organik rendah maka sebagian besar akan tidak tersedia bagi tanaman akibat berbagai hal. Proses yang mengakibatkan hal termaksud adalah pencucian melalui aliran permukaan, volatilisasi, perkolasi, imobilisasi oleh mikroba, dan terikat oleh mineral liat. Dampak dari semua ini pupuk yang diberikan hanya dapat dimanfaatkan tanaman sekitar 12% nya saja. Dengan kata lain, pemborosan pupuk an-organik secara besar-besaran (88%) terjadi ketika aplikasi dipaksakan pada tanah-tanah marginal. Langkah cerdas untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan kombinasi antara pupuk an-organik dan pupuk organik dan/atau pupuk hayati (Didiek Hadjar Goenad, 2014).

Hal tersebut yang mendorong harus adanya pengembangan pupuk cair organik. Dari beberapa bahan baku pembuatan pupuk cair organik yang ada salah satu yang masih memiliki potensi besar yaitu limbah air kelapa.

Buah kelapa berbentuk bulat yang terdiri dari 35 % sabut (eksokarp dan mesokarp), 12 % tempurung (endokarp), 28 % daging buah (endosperm), dan 25 % air. Menurut Ketaren (1989), tebal sabut kelapa kurang lebih 5 cm dan daging buah 1 cm atau lebih (Palungkun, 2004). Buah kelapa yang sudah tua mengandung kalori yang tinggi, sebesar 359 kal per 100 gram; daging kelapa setengah tua mengandung kalori 180 kal per 100 gram dan daging kelapa muda mengandung kalori sebesar 68 kal per 100 gram. Sedang nilai kalori rata-rata yang terdapat pada air kelapa berkisar 17 kalori per 100 gram. Kadar air yang terdapat pada buah kelapa

sejumlah 95,5 gram dari setiap 100 gram (Direktorat Gizi Depkes RI, 1981).

Limbah air kelapa pada kenyataan masyarakat belum memanfaatkan limbah tersebut. Air kelapa lebih banyak dibuang bersama limbah rumah tangga lainnya dari pada dimanfaatkan. Beberapa faktor penyebab kurangnya minat masyarakat dalam pemanfaatan air kelapa, antara lain terbatasnya pengetahuan mereka tentang kandungan zat-zat penting dalam air kelapa. Air kelapa mengandung hormon auksin dan sitokinin kedua hormon ini penting dalam pertumbuhan dan jumlah daun pada tanaman (Yuliawati, 2006).

Air kelapa banyak mengandung mineral antara lain natrium (Na), kalsium (Ca), magnesium (Mg), ferum (Fe), cuprum (Cu), posfor (P) dan sulfur (S). Selain kaya mineral, air kelapa juga mengandung gula antara 1,7 gram sampai 2,6%, protein 0,07 hingga 0,55 % dan mengandung berbagai macam vitamin seperti asam sitrat, asam nikotina, asam pantotenat, asam folat, niacin, riboflavin, thiamin. Terdapat pula 2 hormon alami yaitu hormon auksin dan sitokinin sebagai pendukung pembelahan sel embrio kelapa (Suyanto, 2009). Hasil penelitian diperkuat oleh Astuti (2008), menyatakan bahwa pemberian air kelapa dengan varietas berbeda berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah akar, dan jumlah klorofil pada tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiatus*).

Pupuk cair organik adalah pupuk yang bahan dasarnya berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi dan bentuk produknya berupa cairan. Kandungan bahan kimia di dalamnya maksimum 5%. Penggunaan pupuk cair memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

1. Penggunaannya lebih mudah jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk organik padat.
2. Unsur hara yang terdapat di dalam pupuk cair mudah diserap tanaman
3. Mengandung mikroorganisme yang jarang terdapat dalam pupuk organik padat.

4. Pencampuran pupuk cair organik dengan pupuk organik padat dapat mengaktifkan unsur hara yang ada dalam pupuk organik padat tersebut.

Kelebihan dari pupuk organik ini adalah dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara, tidak bermasalah dalam pencucian hara, dan mampu menyediakan hara secara cepat. Dibandingkan dengan pupuk cair anorganik, pupuk organik cair umumnya tidak merusak tanah dan tanaman walaupun digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan pengikat, sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung digunakan oleh tanaman. Pupuk Organik Cair (POC) dalam proses pembuatannya memerlukan waktu yang lebih cepat dari pupuk organik padat, dan penerapannya di pertanian yakni tinggal di semprotkan ke tanaman (Erickson, 2013).

I.3 Rumusan masalah

Permasalahan yang mendasari dalam penelitian ini adalah:

1. Melimpahnya limbah air kelapa yang tidak termanfaatkan
2. Kurangnya nilai tambah limbah air kelapa sehingga menjadi buangan oleh pedagang.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan limbah air kelapa sebagai media pembuatan pupuk organik cair.
2. Mempelajari pengaruh ratio aktifator (EM4) terhadap mikroba *Azotobacter chroococcum* dan mikroba *Bacillus mucilaginosus* pada limbah air kelapa mengenai peningkatan unsur hara.
3. Mengamati hasil pertumbuhan tanaman yang menggunakan pupuk cair dari limbah air kelapa dengan variabel ratio antara jumlah limbah air kelapa yang digunakan, penambahan aktifator (EM4), mikroba *Azotobacter chroococcum* dan juga mikroba *Bacillus mucilaginosus*.

I.5 Manfaat Penelitian

Mengetahui efektivitas dari penggunaan limbah air kelapa yang dikombinasi dengan aktivator (EM4), mikroba *Azotobacter chroococcum* dan mikroba *Bacillus mucilaginosus* dengan metode aerob terhadap peningkatan unsur hara pupuk cair organik.

I.6 Batasan Masalah

1. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan pupuk organik cair adalah limbah air kelapa tua.
2. Tanaman yang akan digunakan untuk pengaplikasian pupuk organik cair dari limbah air kelapa berupa bayam, sawi dan kangkung.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kelapa

Kelapa (*Cocos nucifera*) termasuk jenis tanaman palma yang mempunyai buah berukuran cukup besar. Batang pohon kelapa umumnya berdiri tegak dan tidak bercabang, dan dapat mencapai 10 – 14 meter lebih. Daunnya berpelelah, panjangnya dapat mencapai 3 – 4 meter lebih dengan sirip-sirip lidi yang menopang tiap helaian. Kelapa yang sudah besar dan subur dapat menghasilkan 2 - 10 kelapa setiap tangkainya (Palungkun, 2004). Kelapa diperkirakan dapat ditemukan di lebih dari 80 negara. Indonesia merupakan negara agraris yang menempati posisi ketiga setelah Filipina dan India, sebagai penghasil kelapa terbesar di dunia (APCC, 2002).

Santoso dkk. (1996) menyatakan bahwa kelapa tua mengandung lebih banyak asam lemak jenuh yaitu 91.2% daripada kelapa muda. Pada kelapa muda, kandungan asam lemak jenuh adalah 28.9 % sedangkan kandungan asam lemak tak jenuh adalah 7.2%. Kandungan asam lemak tak jenuh pada kelapa tua adalah 38.3%. Kandungan asam lemak essensial pada kelapa muda tinggi yaitu 32.6% sedangkan kandungan asam lemak essensial pada kelapa tua rendah yaitu 1.6%.

Tabel II.1. Kandungan Proksimat Kelapa Muda dan Kelapa Tua

No	Kelapa	Kadar air (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Abu (%)	Karbohidrat (%)
1.	Muda	70.3	20.0	2.4	1.0	6.3
2.	Tua	56.7	33.0	2.9	1.2	6.2
3.	Tua*	50.0	39.8	2.8	1.2	6.2
4.	Tua**	54.1	32.2	4.4	1.0	8.3
5.	Tua***	50.0	40.0	3.0	1.5	5.5

Ket: * Nathanel (1954), ** Popper dkk (1966), *** Jeganathan (1970)

Dari Tabel II.1 ditemukan bahwa kandungan proksimat pada kelapa tua menunjukkan variasi. Hal ini disebabkan oleh perbedaan beberapa faktor seperti varietas, lokasi geografi, kebudayaan, tingkat kematangan, metoda ekstraksi yang berbeda dan juga penambahan air atau kandungan air dalam endosperm (Cancel, 1979). Produksi air kelapa cukup berlimpah di Indonesia yaitu mencapai lebih dari 1 sampai 900 juta liter per tahun. Namun belum banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, sehingga masih banyak air kelapa terbuang percuma, selain mubazir, buangan air kelapa dapat menimbulkan polusi asam asetat, akibat proses fermentasi dari limbah air kelapa tersebut (Onifade,2003; Warisno,2004). Air kelapa mempunyai potensi yang baik untuk dibuat menjadi minuman fermentasi, karena kandungan zat gizinya, kaya akan nutrisi yaitu gula, protein, lemak dan relatif lengkap sehingga sangat baik untuk pertumbuhan bakteri penghasil produk pangan. Air kelapa mengandung sejumlah zat gizi, yaitu protein 0,2 %, lemak 0,15%, karbohidrat 7,27 %, gula, vitamin, elektrolit dan hormon pertumbuhan.

Kandungan gula maksimum 3 gram per 100 ml air kelapa. Jenis gula yang terkandung adalah sukrosa, glukosa, fruktosa dan sorbitol. Gula-gula inilah yang menyebabkan air kelapa muda lebih manis dari air kelapa yang lebih tua (Warisno, 2004). Disamping itu air kelapa juga mengandung mineral seperti kalium dan natrium. Mineral-mineral itu diperlukan dalam poses metabolisme, juga dibutuhkan dan pembentukan kofaktor enzim-enzim ekstraseluler oleh bakteri pembentuk selulosa. Selain mengandung mineral, air kelapa juga mengandung vitamin-vitamin seperti riboflavin, tiamin, biotin. Buah kelapa yang terlalu muda belum memiliki daging buah, dan air kelapa muda rasanya lebih manis, mengandung mineral 4 %, gula 2%.

Tabel II.2. Komposisi Air Kelapa

Sumber air kelapa (dalam 100 g)	Air kelapa muda	Air kelapa tua
Kalori	17,0 kal	-
Protein	0,2 g	0,14 g
Lemak	1,0 g	1,5 g
Karbohidrat	3,8 g	4,6 g
Kalsium	15,0 g	-
Fosfor	8,0 g	0,5 g
Besi	0,2 g	-
Air	95,5 mg	91,5 mg
Bagian yang dapat dimakan	100,0 g	-

Sumber: Palungkun, 1992

II.2 Aktifator (EM4)



Gambar II.1 Aktifator (EM4)

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh Professor Teuro Higa, ditemukan bahwa mikroba dapat dicampur dalam sebuah kultur dan secara fisiologis mikroba ini cocok satu dengan yang lainnya. Lalu ketika kultur ini diberikan pada lingkungan alam, setiap individu bersinergi dan berdampak positif ke alam

(Crawford, 2002). Inokulan yang berisi banyak jenis mikroba yang menguntungkan terhadap alam sekitar atau yang disebut *Effective Microorganisms* telah digunakan secara meluas di kalangan pertanian organik (Diver, 2001).

Teknologi ini adalah teknologi budidaya pertanian untuk meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah dan tanaman dengan menggunakan mikroorganisme yang memiliki manfaat sebagai berikut:

- Meningkatkan dan menjaga produktivitas tanah
- Menguraikan senyawa/ unsur terikat didalam tanah menjadi tersedia bagi tanaman
- Meningkatkan kesehatan tanaman
- Menekan proses pencucian unsur penting dalam tanah
- Memecah akumulasi senyawa kimia (toksisitas) yang teresidu dalam tanah
- Mengurangi pelepasan gas dan panas pada proses pembusukan bahan organik
- Menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme yang menguntungkan didalam tanah

EM4 merupakan campuran dari mikroorganisme bermanfaat yang terdiri dari lima kelompok, 10 Genius 80 Spesies dan setelah di lahan menjadi 125 Spesies. EM4 berupa larutan coklat dengan pH 3,5-4,0. Terdiri dari mikroorganisme aerob dan anaerob. Meski berbeda, dalam tanah memberikan *multiple effect* yang secara dramatis meningkatkan mikro flora tanah. Bahan terlarut seperti asam amino, *sacharida*, alkohol dapat diserap langsung oleh akar tanaman. Kandungan EM4 terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, *Actinomicetes*, ragi dan jamur fermentasi.

Zat-zat bermanfaat seperti asam amino, asam nukleat, zat-zat bioaktif yang berasal dari gas berbahaya dan berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara dihasilkan oleh bakteri fotosintetik. Bakteri asam laktat berfungsi untuk fermentasi bahan organik jadi asam laktat, percepat perombakan bahan organik, lignin dan selulosa, dan menekan pathogen dengan asam laktat yang

dihasilkan. *Actinomicetes* menghasilkan zat anti mikroba dari asam amino yang dihasilkan bakteri fotosintetik. Ragi menghasilkan zat antibiotik, menghasilkan enzim dan hormon, sekresi ragi menjadi substrat untuk mikroorganisme efektif bakteri asam laktat *Actinomicetes*.

Cendawan fermentasi mampu mengurai bahan organik secara cepat yang menghasilkan alkohol ester anti mikroba, menghilangkan bau busuk, mencegah serangga dan ulat merugikan dengan menghilangkan pakan. Di pasar umum inokulum yang banyak di jumpai adalah dengan merek dagang EM4 yang terdiri dari campuran mikroorganisme antara lain *Lactobacillus sp*, bakteri fosfat, *streptomyces*, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan unsur esensial lainnya yang dibutuhkan tanaman.

Kandungan mikroorganisme utama dalam EM-4 yaitu:

1. Bakteri Fotosintetik (*Rhodopseudomonas sp.*)

Bakteri ini mandiri dan swasembada, membentuk senyawa bermanfaat (antara lain, asam amino, asam nukleik, zat bioaktif dan gula yang semuanya berfungsi mempercepat pertumbuhan) dari sekresi akar tumbuhan, bahan organik dan gas-gas berbahaya dengan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energi. Hasil metabolisme ini dapat langsung diserap tanaman dan berfungsi sebagai substrat bagi mikroorganisme lain sehingga jumlahnya terus bertambah

2. Bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*)

Dapat mengakibatkan kemandulan pada mikroba, oleh karena itu bakteri ini dapat menekan pertumbuhan; meningkatkan percepatan perombakan bahan organik; menghancurkan bahan organik seperti lignin dan selulosa serta memfermentasikannya tanpa menimbulkan senyawa beracun yang ditimbulkan dari pembusukan bahan organik. Bakteri ini dapat menekan pertumbuhan fusarium, yaitu mikroorganisme merugikan yang menimbulkan penyakit pada lahan/ tanaman yang terus menerus ditanami.

3. Ragi / Yeast (*Saccharomyces* sp)

Melalui proses fermentasi, ragi menghasilkan senyawa bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik atau bahan organik dan akar-akar tanaman. Ragi juga menghasilkan zat-zat bioaktif seperti hormon dan enzim untuk meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar. Sekresi Ragi adalah substrat yang baik bakteri asam laktat dan *Actinomycetes*

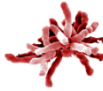


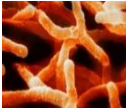
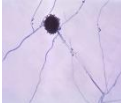
4. *Actinomycetes*

Actinomycetes menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dihasilkan bakteri fotosintetik. Zat-zat anti mikroba ini menekan pertumbuhan jamur dan bakteri. *Actinomycetes* hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik bersama-sama meningkatkan mutu lingkungan tanah dengan cara meningkatkan aktivitas anti mikroba tanah.

5. Jamur Fermentasi (*Aspergillus* dan *Penicilium*)

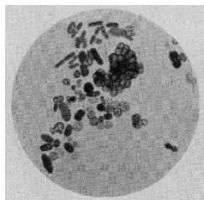
Jamur fermentasi menguraikan bahan secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester dan zat anti mikroba. Pertumbuhan jamur ini membantu menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga dan ulat-ulat merugikan dengan cara menghilangkan penyediaan makanannya. Tiap species mikroorganisme mempunyai fungsi masing-masing tetapi yang terpenting adalah bakteri fotosintetik yang menjadi pelaksana kegiatan EM terpenting. Bakteri ini disamping mendukung kegiatan mikroorganisme lainnya, ia juga memanfaatkan zat-zat yang dihasilkan mikroorganisme lain.

Tabel II.3 Kumpulan Gambar Bakteri dalam EM-4

Nama Mikroba	Gambar Mikroba
<i>Rhodopseudomonas</i> sp.	
<i>Lactobacillus</i> sp.	
<i>Saccharomyces</i>	
<i>Actinomycetes</i>	
<i>Aspergillus</i>	

(www.wikipedia.org, 2006)

II.3 Azotobacter



Gambar II.2 Bentuk Bakteri Azotobacter (www.wikipedia.org, 1998)

Azotobacter sp. adalah bakteri gram negatif, bersifat aerobik, polymorphic dan mempunyai berbagai ukuran dan bentuk. Bakteri ini memproduksi polisakarida. *Azotobacter sp.* sensitif terhadap asam, konsentrasi garam yang tinggi dan temperatur di atas 35oC. Terdapat empat spesies penting dari *Azotobacter* yaitu *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter agilis*, *Azotobacter paspali* dan *Azotobacter vinelandii* dimana *Azotobacter chroococum* adalah spesies yang paling sering ditemui di dalam kandungan tanah. *Azotobacter* mempunyai sifat aerobik maka dari itu bakteri ini memerlukan oksigen sehingga dengan adanya aerasi, pertumbuhan dari *Azotobacter* dapat ditingkatkan.

Bakteri *Azotobacter* merupakan bakteri rizosfir yang dapat memfiksasi nitrogen (N₂) udara. Pada umumnya bakteri ini dimanfaatkan sebagai penyumbang nitrogen dan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Suba Rao, 1987). Hormon penting yang diproduksi oleh *Azotobacter* adalah sitokinin dan ditemukan pada media pertumbuhan *A. vinelandii* (Taller dan Wong, 1989). dan *A. chroococcum* (Hindersah dkk., 2003)

Bakteri *Azotobacter* diketahui pula mampu mensintesis substansi yang secara biologis aktif dapat meningkatkan perkecambahan biji, tegakan dan pertumbuhan tanaman seperti vitamin B, asam indol asetat, giberelin, dan sitokinin (Wedhastri, 2002; Ahmad dkk., 2005; Husen, 2003; Adiwiganda dkk., 2006). Selain itu, *Azotobacter* juga memiliki kemampuan dalam metabolisme senyawa fenol, halogen, hidrokarbon dan juga berbagai jenis pestisida (Munir, 2006).

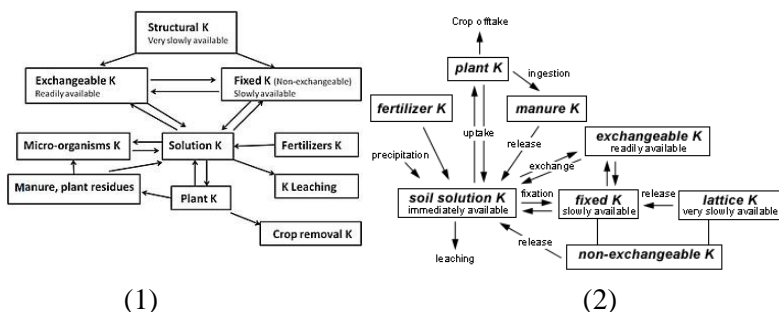
Bakteri *Azotobacter* yang diaplikasikan pada tanah pertanian akan terus mempersubur tanah karena bakteri tersebut akan semakin banyak jumlahnya di dalam tanah dan terus bekerja memfiksasi nitrogen, dan menaikkan biomassa tanaman pertanian (Hindersah dan Simarmata, 2004).

Azotobacter adalah bakteri heterotof yang memerlukan bahan organik sebagai sumber karbon dan energi. Bakteri ini juga dapat tumbuh di media dengan nitrogen (Holt dkk., 1994). Energi aktiviasi Fiksasi N₂ diturunkan dengan biokatalisator nitrogenase

yang aktivitasnya tergantung dari logam Fe dan Mo (Sprent dan Sprent, 1991). Pada media Ashby bebas N yang umum digunakan untuk *Azotobacter* tidak mengandung kedua logam tersebut. Sebagai pengganti media terdefinisi di atas, dapat digunakan antara lain pupuk organik cair (POC). Pupuk ini mengandung bahan organik, unsur hara makro C, N, P dan K juga unsur hara mikro Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Mo dan B yang akan mendukung pertumbuhan *Azotobacter* tetapi selalu mengandung N meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Keberadaan N dengan konsentrasi rendah diawal pertumbuhan dapat mempercepat pertumbuhan sel bakteri sebelum memfiksasi nitrogen dan memproduksi hormon. POC juga mengandung Fe dan Mo sebagai kofaktor penting nitrogenase.

II.4 *Bacillus mucilaginosus*

Bacillus mucilaginosus adalah bakteri yang dapat mereproduksi dan tumbuh di tanah. Bakteri ini menghasilkan metabolit seperti asam organik, kapsul polisakarida, menghancurkan struktur kisi silikon fosfor senyawa aluminat dan tidak larut, terurai serta melepaskan medium elemen seperti fosfor kalium larut dan kalsium, sulfur, magnesium, besi, zinc, molibdenum, mangan yang meningkatkan kesuburan tanah dan memberikan unsur gizi untuk tanaman. Menurut penelitian Basak dan Biswas (2009) menunjukkan bahwa aplikasi bakteri pelarut kalium *Bacillus mucilaginosus* memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil biomasa, serapan kalium pada tanaman *Sorghum vulgare*. Selain itu juga mempengaruhi dinamika K tanah, antara lain mengimprove K dapat ditukar maupun yang sukar tertukar sehingga lebih tersedia bagi tanaman.



(1) (2)
Gambar II.3 Siklus Kalium (Setiawati, 2015)

Hasil penelitian Prajapati and Modi (2012) diperoleh 5 BPK (Bakteri pelarut kalium) yang memproduksi asam-asam organik seperti *Citric*, *Oxalic*, *Malic*, *Succinic* dan *Tartric acid*. Uji kualitatif menunjukkan indeks pelarutan berkisar 1,04 hingga 1,66. Selain itu beberapa BPK memproduksi enzim antara lain: *Amylase*, *Protease*, *Lipase*, *Catalase* dan *Glucose*. Resistensi antibiotika dari BPK antara lain terhadap antibiotika *Ampicillin*, *Tetracyclin*, *Amoxycillin*, dan *Novoblocin*.

Tabel II.4 Peranan Mikroorganisme serta Manfaat pada Tanaman

Bakteri	Peran Mikroorganisme	Manfaat pada Tanaman
<i>Azotobacter chroococcum</i>	Mengikat nitrogen dari udara sehingga dapat diserap oleh tanaman	Mempercepat pertumbuhan daun
<i>Bacillus mucilaginosus</i>	Merombak kalium menjadi ion K^+ sehingga dapat diserap oleh tanaman	Mencegah tanaman tumbuh kerdil
EM4		

<i>Rhodopseudomonas sp.</i>	Membentuk asam amino, asam nukleik	Mempercepat pertumbuhan akar tanaman
<i>Lactobacillus sp.</i>	Menekan pertumbuhan fusarium	Mencegah timbulnya penyakit pada tanaman
<i>Saccharomyces sp</i>	Menghasilkan zat bioaktif seperti hormone dan enzim	Meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar
<i>Actinomycetes</i>	Menghasilkan zat anti mikroba dari asam amino	Menekan pertumbuhan jamur sehingga meningkatkan mutu lingkungan tanah
Jamur Fermentasi (<i>Aspergillus</i> dan <i>Penicilium</i>)	Menghasilkan alcohol, ester dan zat anti mikroba	Menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga dan ulat ulat pada tanaman

II.5 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair adalah hasil pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur yang berbentuk larutan. Keuntungan dari pupuk organik ini adalah mampu mengatasi defisiensi hara secara cepat, tidak bermasalah dalam pencucian hara, dan juga mampu menyediakan hara secara cepat. Jika dibandingkan dengan pupuk anorganik, pupuk organik cair umumnya tidak merusak tanah dan tanaman meskipun sudah digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk ini juga memiliki

bahan pengikat sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung dimanfaatkan oleh tanaman (Hadisuwito, 2012).

Banyak diperdagangkan pupuk organik cair yang siap diaplikasikan ke tanaman yaitu pupuk organik cair Nasa. Kemasannya berupa botol yang diproduksi oleh PT Natural Nusantara Indonesia. Pupuk organik cair Nasa adalah salah satu jenis pupuk yang bisa diberikan ke daun dan tanah, mengandung unsur hara makro, mikro lengkap, dapat mengurangi penggunaan Urea, SP-36 dan KCl + 12,5% - 25%, Kandungan unsur hara pupuk organik cair Nasa adalah N 0,12%, P_2O_5 0,03%, K 0,31%, Ca 60,4 ppm, Mn 2,46 ppm, Fe 12,89 ppm, Cu 0,03 ppm, Mo 0,2 ppm.

Pupuk organik cair yang siap diaplikasikan ke tanaman selain pupuk organik cair Nasa yaitu Supermes. Pupuk organik cair Supermes adalah pupuk organik cair yang diproses secara ilmiah dengan formula yang berasal dari tanaman tropis dan unsur-unsur organik lainnya yang mampu mempercepat atau meningkatkan pertumbuhan, pembungaan, dan pembuahan. Pupuk organik cair supermes berwarna coklat tua dengan kandungan berupa N 18,5%, P_2O_5 3,5%, K_2O 3,5 %, Cu 0,09%, Fe 0,07%, B 0,06 %, Mg 0,09%, Mn 0,08%, dan Zn 0,08%.

Pupuk organik cair tidak menimbulkan efek buruk bagi kesehatan tanaman karena bahan dasarnya alamiah, sehingga mudah diserap secara menyeluruh oleh tanaman. Pupuk organik cair kebanyakan diaplikasikan melalui daun atau disebut sebagai pupuk cair foliar yang mengandung hara makro dan mikro esensial (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Mo, Cu, Fe, Mn, dan bahan organik). Pupuk organik cair mempunyai beberapa manfaat diantaranya dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun dan pembentukan bintil akar pada tanaman leguminosa sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan menyerap nitrogen dari udara (Yusuf, 2010).

Pertumbuhan tanaman tidak hanya dikontrol oleh faktor dalam (internal), tetapi juga ditentukan oleh faktor luar (eksternal). Salah satu faktor eksternal tersebut adalah unsur hara esensial.

Unsur hara esensial adalah unsur-unsur yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Apabila unsur tersebut tidak tersedia bagi tanaman, maka tanaman akan menunjukkan gejala kekurangan unsur tersebut dan pertumbuhan tanaman akan terganggu. Berdasarkan jumlah yang diperlukan, kita mengenal unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro diperlukan bagi tanaman dalam jumlah yang lebih besar (0,5 - 3% berat tubuh tanaman). Sedangkan unsur hara mikro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif kecil (beberapa ppm/ *part per-million* dari berat keringnya).

Unsur hara makro antara lain N, P, K, C, H, O, S, Ca, dan Mg. Sedangkan unsur hara mikro diantaranya adalah Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, dan Cl. Diantara 105 unsur yang ada di permukaan bumi, ternyata hanya 16 unsur yang mutlak diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi. Dan dari 16 unsur tersebut, unsur N, P, dan K-lah yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang besar.

1. Unsur N (Nitrogen)

Unsur hara N termasuk unsur yang dibutuhkan dalam jumlah paling banyak sehingga disebut unsur hara makro primer. Umumnya unsur Nitrogen menyusun 1-5% dari berat tubuh tanaman. Unsur N diserap oleh tanaman dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) atau ion nitrat (NO_3^-). Sumber unsur N dapat diperoleh dari bahan organik, mineral tanah, maupun penambahan dari pupuk organik. N berfungsi untuk menyusun asam amino (protein), asam nukleat, nukleotida, dan klorofil pada tanaman, sehingga dengan adanya N, tanaman akan merasakan manfaat sebagai berikut:

1. Membuat tanaman lebih hijau
2. Mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, jumlah cabang)
3. Menambah kandungan protein hasil panen.

Tanaman yang kekurangan unsur hara N akan menunjukkan gejala

1. Seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan (klorosis) akibat kekurangan klorofil
2. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, jumlah anakan atau jumlah cabang sedikit
3. Perkembangan buah menjadi tidak sempurna dan seringkali masak sebelum waktunya
4. Pada tahap lanjut, daun menjadi kering dimulai dari daun pada bagian bawah tanaman.

2. Unsur P (Phosphor)

Unsur P juga merupakan salah satu unsur hara makro primer sehingga diperlukan tanaman dalam jumlah banyak untuk tumbuh dan berproduksi. Tanaman mengambil unsur P dari dalam tanah dalam bentuk ion H_2PO_4^- . Konsentrasi unsur P dalam tanaman berkisar antara 0,1 - 0,5% lebih rendah daripada unsur N dan K. Keberadaan unsur P berfungsi sebagai penyimpan dan transfer energi untuk seluruh aktivitas metabolisme tanaman, sehingga dengan adanya unsur P maka tanaman akan merasakan manfaat sebagai berikut:

1. Memacu pertumbuhan akar dan membentuk sistem perakaran yang baik
2. Menggiatkan pertumbuhan jaringan tanaman yang membentuk titik tumbuh tanaman
3. Memacu pembentukan bunga dan pematangan buah/biji, sehingga mempercepat masa panen
4. Memperbesar persentase terbentuknya bunga menjadi buah
5. Menyusun dan menstabilkan dinding sel, sehingga menambah daya tahan tanaman terhadap serangan hama penyakit.

Tanaman yang kekurangan unsur hara P akan menunjukkan gejala:

1. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil
2. Sistem perakaran kurang berkembang
3. Daun berwarna keunguan
4. Pembentukan bunga/ buah/ biji terhambat sehingga panen terlambat
5. Persentase bunga yang menjadi buah menurun karena penyerbukan tidak sempurna.

3. Unsur K (Kalium)

Dalam proses pertumbuhan tanaman, unsur K merupakan salah satu unsur hara makro primer yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak juga, selain unsur N dan P. Unsur K diserap tanaman dari dalam tanah dalam bentuk ion K^+ . Kandungan unsur K pada jaringan tanaman sekitar 0,5 - 6% dari berat kering.

Manfaat unsur K bagi tanaman adalah:

1. Sebagai aktivator enzim. Sekitar 80 jenis enzim yang aktivasinya memerlukan unsur K.
2. Membantu penyerapan air dan unsur hara dari tanah oleh tanaman
3. Membantu transportasi hasil asimilasi dari daun ke jaringan tanaman

Tanaman yang kekurangan unsur hara Kalium akan menunjukkan gejala yang mirip dengan kekurangan unsur N, yaitu:

1. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil
2. Seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan (klorosis).

Bedanya dengan kekurangan unsur N, gejala kekurangan unsur K dimulai dari pinggir helai daun sehingga terlihat seperti huruf V terbalik.

Berdasarkan peraturan menteri pertanian nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 2004 tentang persyaratan teknis minimal pupuk cair organik ditunjukkan pada tabel sebagai berikut

Tabel II.5 Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Cair Organik
Berdasarkan Peraturan Pertanian (Lampiran I Permentan No
70/SR.140/10/2011 2004)

No	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1	C – Organik	%	Min 6
2	Bahan Ikutan : (Pasir, kaca, kerikil)	%	Maks 2
3	Logam Berat : As Hg Pb Cd	ppm ppm ppm ppm	Maks 2,5 Maks 0,25 Maks 23,5 Maks 0,5
4	pH		4 – 9
5	Hara Makro N P ₂ O ₅ K ₂ O	% % %	3 – 6 3 – 6 3 – 6
6	Mikroba kontaminan <i>E coli</i> <i>Salmonella</i> sp.	MPN/ml MPN/ml	Maks 10 ² Maks 10 ²
7	Hara Mikro Fe total Fe tersedia Mn Cu Zn B Co Mo	ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm	90 – 900 5 – 50 250 – 5000 250 – 5000 250 – 5000 125 – 2500 5 – 20 2 – 10
8	Unsur lain La Ce	ppm ppm	0 0

II.6 Penelitian Terdahulu

Tabel II.6 Penelitian dan Hasil Penelitian Terdahulu

No	Peneliti, Tahun	Judul Jurnal	Hasil Penelitian
1	Marlina N, Silviana dan N Gofar, 2013	Seleksi bakteri penambat nitrogen (<i>Azospirillum</i> dan <i>Azotobacter</i>) asal rhizosfer tanaman budidaya di lahan lebak untuk memacu pertumbuhan tanaman padi.	Isolat <i>Azetobacter</i> menghasilkan hasil yang terbaik untuk dikembangkan sebagai pupuk hayati pada tanaman padi
2	Sri Rachmania Juliastuti, dkk, 2013	Peran Mikroorganisme <i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> dan <i>Aspergillus niger</i> pada Pembuatan Kompos Limbah <i>Sludge</i> Industri Pengolahan Susu	Mikoorganisme <i>A. Chroococcum</i> dapat meningkatkan kadar nitrogen hingga 500 %, sedangkan untuk <i>Aspergillus niger</i> dapat meningkatkan fosfat hingga 14,29%
3	Sri Rachmania Juliastuti, dkk, 2012	Peran Mikroorganisme <i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Pseudomonas putida</i> dan	Limbah cair dari pabrik susu dapat digunakan sebagai pupuk organik cair

		<i>Aspergillus niger</i> pada Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Cair Industri Pengolahan Susu	untuk tanaman buah
4	Rendra Graha, 2010	Pengaruh Penambahan Aktivator <i>Effektive Mikroorgansim</i> EM-4 pada Pembuatan Pupuk Organik dari Komposting Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Media Jamur Merang (<i>Volvariella volvacea</i>)	EM-4 dapat meningkatkan kadar N, P, K serta menurunkan C/N pada composting tandan kosong kelapa sawit.
5	Prariesta, dkk, 2010	Peningkatan Kualitas Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Produksi Biogas	Limbah cair produksi biogas dapat meningkatkan kadar N, P, K dalam pupuk organik cair
6	Sennang, N., Syam'un, E., Dachlan, A., Iswoyo, H, 2009	Hasil padi tipe baru (PTB) yang diaplikasi pupuk organik dari limbah pertanian dan substitusi	Hasil penelitian pada skala pot menunjukkan bahwa varietas membramo yang diberi kompos jerami dan

		nitrogen dari bakteri penambat nitrogen.	larutan Azetobacter memberikan gabah kering giling yang lebih tinggi per rumpun
7	Ainy ITE., 2008	Kombinasi antara pupuk hayati dan sumber nutrisi dalam memacu serapan hara, pertumbuhan, serta produktivitas jagung dan padi.	Pupuk hayati yang mengandung bakteri Azotobacter sp, Pseudomonas sp dan Bacillus sp mampu meningkatkan serapan hara, pertumbuhan serta produktivitas tanaman padi

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala *batch* di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Departemen Teknik Kimia, FTI-ITS. Bahan baku pembuatan pupuk cair organik yaitu limbah air kelapa. Bakteri *Bacillus mucilaginosus* yang diperoleh dari Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya. Bioaktivator berupa *Effective Microorganism 4* (EM-4) diperoleh dari toko pertanian tribus, Surabaya, serta bakteri *Azotobacter chroococcum* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia ITS, dan dibiakkan di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS.

III.1 Kondisi Operasi

III.1.1 Kondisi Operasi Pembiakan Bakteri *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus*

- Suhu operasi = Suhu kamar (30°C)
- pH = 4 - 6

III.1.2 Kondisi Operasi Pembuatan Pupuk Cair Organik

- Tipe reaktor yang akan digunakan adalah *Mix Reactor*
- Proses yang dilakukan adalah *batch process*.
- Limbah Air Kelapa = 3 Liter/variabel
- Temperatur operasi = 30 °C
- pH = 4 – 6
- Rate aerasi = 4 L/menit/variabel
- Lama proses = 10 hari

III.2 Variabel

Variabel yang digunakan:

1. Penambahan Mikroorganisme
Mikroorganisme yang digunakan pada kondisi mula-mula sebanyak 10^7 sel/ml, dimana meliputi
 - a. EM4
 - b. *Azotobacter chroococcum*
 - c. *Bacillus mucilaginosus*
2. Rasio Penambahan Mikroorganisme
 - a. EM4
 - b. *Azotobacter chroococcum*
 - c. *Bacillus mucilaginosus*
 - d. EM4 dan *Azotobacter chroococcum* (1:1)
 - e. EM4 dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1)
 - f. *Azotobacter chroococcum* dan *B. Mucilaginosus* (1:1)
 - g. EM4, *Azotobacter chroococcum* dan *B. Mucilaginosus* (1:1:1)
 - h. Tanpa penambahan mikroorganisme sebagai kontrol negative
3. Tanaman yang diukur:
 - a. Sawi
 - b. Bayam
 - c. Kangkung

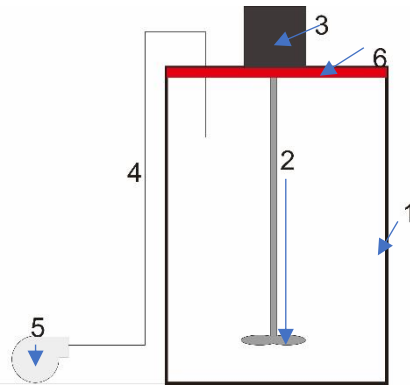
III.3 Bahan dan Peralatan

III.3.1 Bahan

1. Limbah Air Kelapa
2. EM4
3. *Azotobacter chroococcum*
4. *Bacillus mucilaginosus*
5. Aquades
6. *Nutrient Broth Powder*
7. Glukosa

III.3.2 Alat yang Digunakan

1. *Mix Reactor* dilengkapi dengan *aerator*
2. Gelas ukur
3. pH meter
4. Erlenmeyer
5. Tabung reaksi
6. Pipet ukur
7. Karet penghisap
8. Autoklaf



Gambar III.1 Skema Susunan Alat *Mix Reactor*

Keterangan gambar:

1. *Mix Reactor*
2. Pengaduk
3. Mesin penggerak alat pengaduk
4. Selang (saluran udara)
5. Aerator
6. Tutup

III.4 Prosedur Penelitian

III.4.1 Tahap Persiapan

1. Persiapan Bahan
 - Pengumpulan limbah air kelapa dari Pasar Keputran Surabaya
 - Aktivator EM4 dibeli di toko trubus Surabaya.
 - *Azotobacter chroococcum* didapatkan dari Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia ITS.
 - *Bacillus mucilaginosus* dibeli dari Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga Surabaya
2. Persiapan Tangki Pencampur

Tangki yang digunakan berupa *Mix Reactor* yang dilengkapi dengan aerator dan lubang untuk membuang gas-gas yang tersisa.

III.4.2 Tahap Operasi

III.4.2.1 Perhitungan Jumlah Bakteri

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui fase log dari kurva pertumbuhan masing masing bakteri yaitu *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus* dan EM-4, hasil yang didapat akan dijadikan acuan sebagai lama inkubasi dalam proses pembuatan starter.

III.4.2.2 Pembuatan Starter Bakteri

Tahapan ini dimulai dengan pembuatan media NB cair sebagai sumber makanan bakteri yang digunakan. Bahan baku dari media NB cair antara lain media NB, glukosa, dan *aquadest*. Selanjutnya media distrerilkan terlebih dahulu menggunakan autoklaf bersuhu 121°C selama 15 menit. Setelah dingin dilakukan proses inokulasi bakteri kedalam media NB yang telah dibuat. Proses ini bertujuan untuk menumbuhkan bakteri pada media NB hingga menghasilkan koloni bakteri yang siap untuk digunakan. Prosedur pelaksanaan inokulasi bakteri antara lain ;

1. Sterilisasi ruang, peralatan, pakaian dan praktikan sehingga dapat meminimalkan terjadinya kontaminasi. Sterilisasi dapat dilakukan secara kering atau basah
2. Panaskan ujung ose hingga berpijar. Bagian api berwarna biru paling panas sehingga bisa memanaskan ose lebih cepat. Panaskan pula kawat baja hingga ke pangkal pegangan. Dinginkan ose selama 10-20 detik. Ose jangan diletakkan di atas meja untuk mencegah kontaminasi.
3. Pegang tabung reaksi berisi bakteri induk dan tabung reaksi berisi media NB yang akan diinokulasi pada satu tangan, sementara tangan lainnya tetap memegang ose. Buka kedua tutup tabung reaksi menggunakan tangan yang memegang ose
4. Panaskan mulut tabung reaksi dengan melewati sekilas melalui api. Ambil sample bakteri dari tabung reaksi menggunakan ose, baik ose berbentuk lingkaran atau jarum.
5. Panaskan kembali mulut tabung reaksi bakteri induk sebelum ditutup. celupkan koloni bakteri pada ujung ose ke tabung reaksi yang berisi media NB.
6. Panaskan kembali mulut tabung reaksi yang berisi media NB dan bakteri yang telah diinokulasikan, sesetelah itu ditutup.
7. Panaskan kembali kawat ose hingga berpijar.
8. Selanjutnya starter di inkubasikan di dalam *incubator* selama waktu log yang didapat pada kurva pertumbuhan masing masing bakteri.

III.4.2.3 Pembuatan Pupuk Organik Cair

1. Limbah air kelapa yang telah disiapkan dilakukan pengecekan kadar N, P, C dan K
2. Masukkan 3 liter limbah air kelapa kedalam tangki (ember) pencampur.
3. Masukkan starter bakteri berupa larutan media NB yang berisi bakteri sebanyak $10^7/\text{ml}$ sesuai variabel yang ditentukan sebelumnya ke dalam tangki pencampur. Setelah itu ditutup
4. Beri aerasi dengan bantuan aerator dengan rate aerasi 4 Liter/menit/variabel

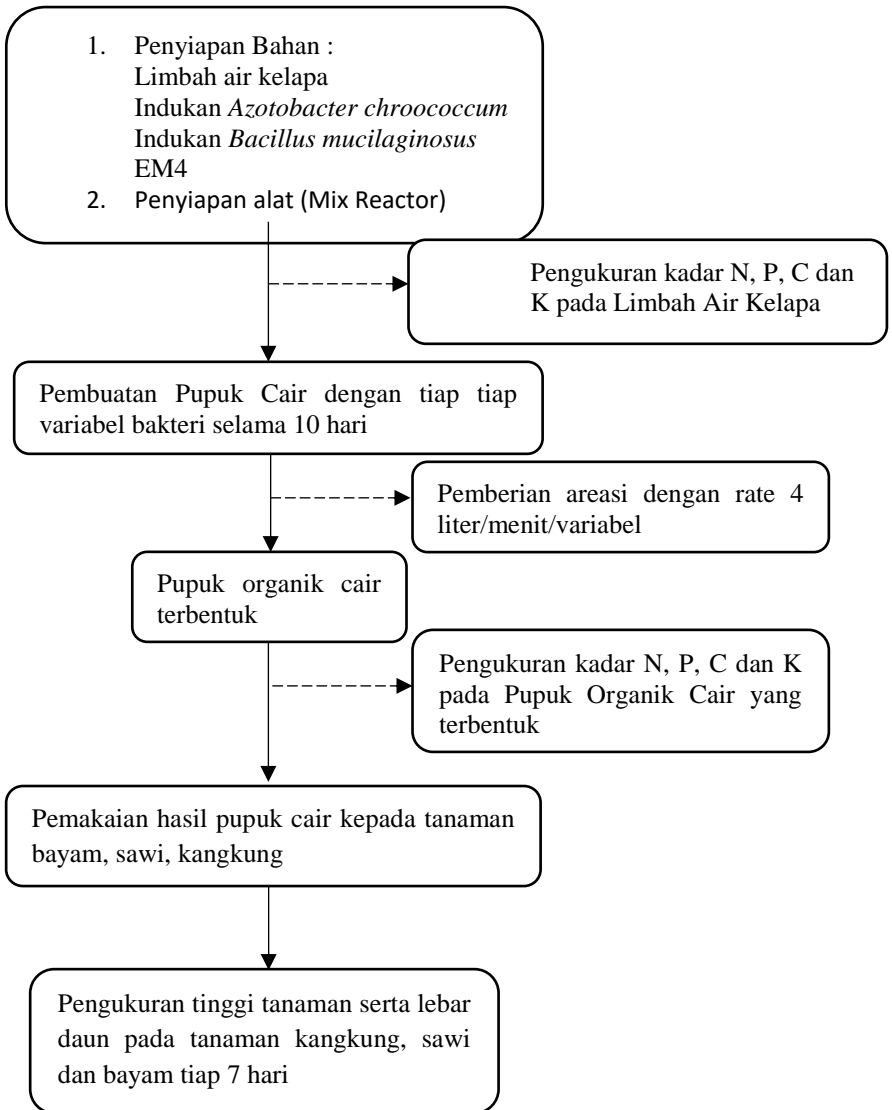
5. Beri pengadukan selama proses pembentukan pupuk cair berlangsung (10 hari)
6. Setelah pupuk organik cair terbentuk lalu dilakukan pengecekan kadar N, P, C dan K.

III.4.2.4 Penggunaan Pupuk Organik Cair Pada Tanaman Sawi, Bayam dan Kangkung

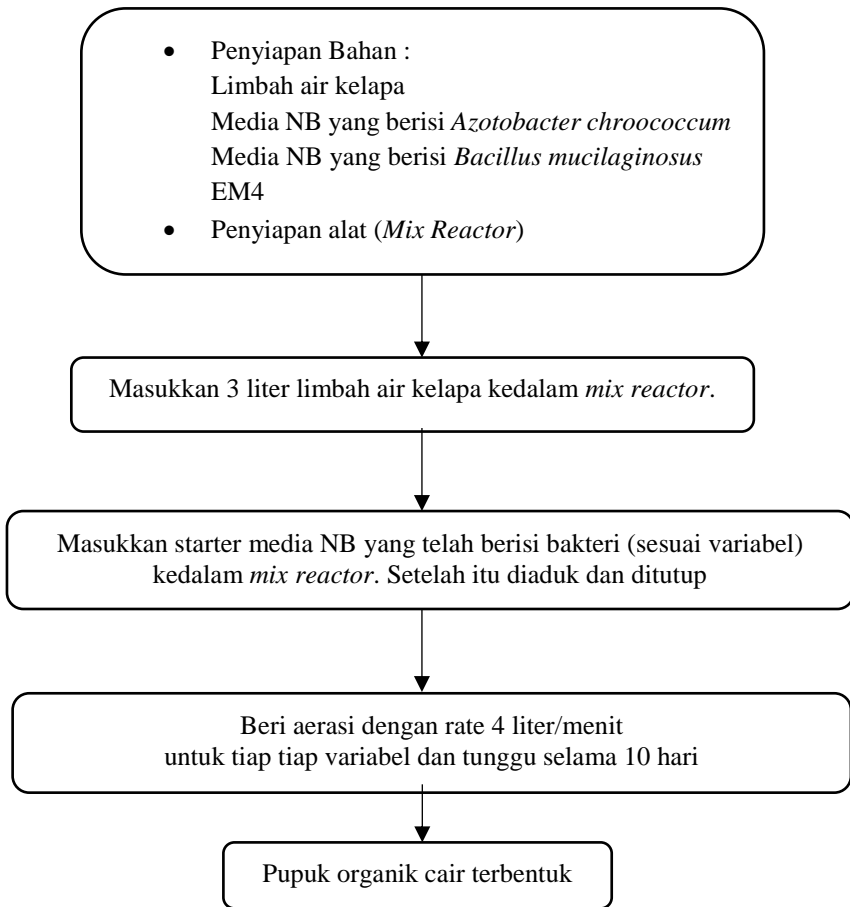
Setelah dilakukan pembuatan pupuk cair, selanjutnya pupuk cair tersebut digunakan sebagai pupuk pada tanaman sawi, bayam, dan kangkung dengan periode penyiraman setiap 2 hari sekali. Selanjutnya dilakukan beberapa pengukuran antara lain

1. Pengukuran tinggi tanaman untuk tanaman sawi, bayam dan kangkung setelah diberikan pupuk cair (tiap variabel) setiap 7 hari
2. Pengukuran lebar daun untuk tanaman sawi, bayam dan kangkung setelah diberikan pupuk cair (tiap variabel) setiap 7 hari
3. Pengukuran jumlah daun untuk tanaman sawi, bayam dan kangkung setelah diberikan pupuk cair (tiap variabel) setiap 7 hari

III.5 Skema Penelitian



Skema Pembuatan Pupuk Cair



III.6 Jadwal Kegiatan

Tabel III.1 Jadwal Kegiatan

		Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
No	Kegiatan	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																												
2	Penyiapan Alat dan Bahan																												
3	Eksperimen																												
4	Analisa Hasil Eksperimen																												
5	Pengerjaan Laporan																												

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil penelitian dan pembahasan sesuai dengan pokok permasalahan dan ruang lingkup penelitian (Mempelajari pengaruh ratio aktifator (EM4), *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* pada limbah air kelapa mengenai peningkatan unsur hara serta mengamati hasil pertumbuhan tanaman yang menggunakan pupuk cair yang dihasilkan dengan variabel yang telah ditentukan).

IV.1 Hasil Penelitian

Tabel IV. 1 Hasil Analisa Limbah Air Kelapa Sebelum Menjadi Media Pembuatan Pupuk Organik Cair

No	Komponen	Kadar (%)
1	N	0.02
2	P	0.016
3	K	0.08
4	C-Organik	1.24
5	C/N	62

Tabel IV.2 Hasil Analisa N,P,K,C Organik dan Rasio C/N
setelah Proses Selama 5 Hari

No	Variabel	Kandungan N, P, K, C-organik setelah 5 hari				
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0400	0.0180	0.2500	0.6800	17.00
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0380	0.0230	0.2600	0.5600	14.74
3	EM4	0.0300	0.0290	0.1500	1.1600	38.67
4	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0337	0.0174	0.2500	0.6500	19.29
5	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0410	0.0176	0.2500	0.4300	10.49
6	EM4 : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0320	0.0207	0.2800	0.6100	19.06
7	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0380	0.0178	0.2800	0.3800	10.00
8	Kontrol negatif	0.0280	0.0166	0.1470	1.2100	43.21

Tabel IV. 3 Hasil Analisa N,P,K,C Organik dan Rasio C/N setelah Proses Selama 10 Hari

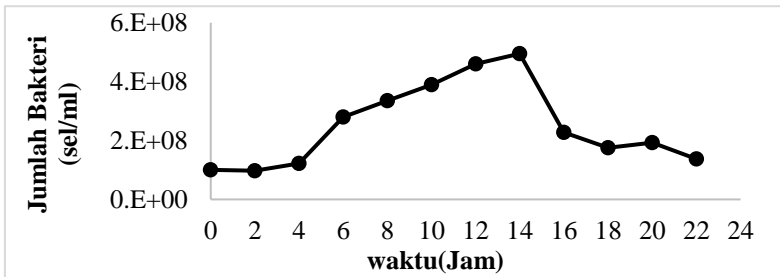
No	Variabel	Kandungan N, P, K, C-organik setelah 10 hari				
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0480	0.0176	0.3000	0.4800	10.00
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0395	0.0210	0.2900	0.5100	12.91
3	EM4	0.0390	0.0250	0.1630	1.0200	26.15
4	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0340	0.0168	0.2900	0.3200	9.41
5	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0530	0.0172	0.2800	0.4100	7.74
6	EM4 : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0350	0.0194	0.3210	0.4000	11.43
7	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0400	0.0163	0.3100	0.3000	7.50
8	Kontrol negatif	0.0288	0.0161	0.0151	1.1200	38.89

IV.2 Pembahasan

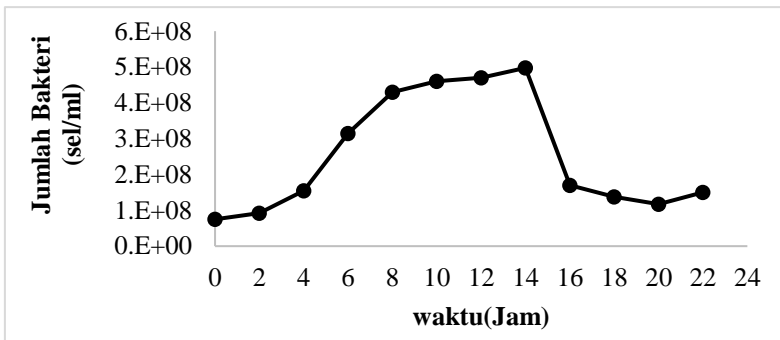
IV.2.1 Pembahasan Prosedur Penelitian Pembuatan Pupuk Organik Cair

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan kurva pertumbuhan dari masing masing bakteri yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui fase log dari kurva pertumbuhan masing masing bakteri yaitu *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus* dan EM-4, hasil yang didapat akan dijadikan acuan sebagai lama inkubasi dalam proses pembuatan starter.

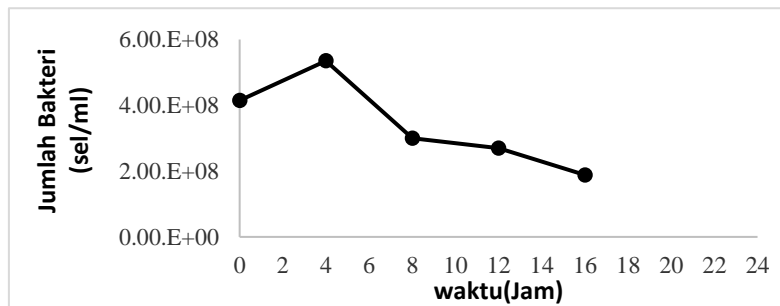
Berikut merupakan hasil kurva pertumbuhan dari *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus* dan EM-4



(a)



(b)

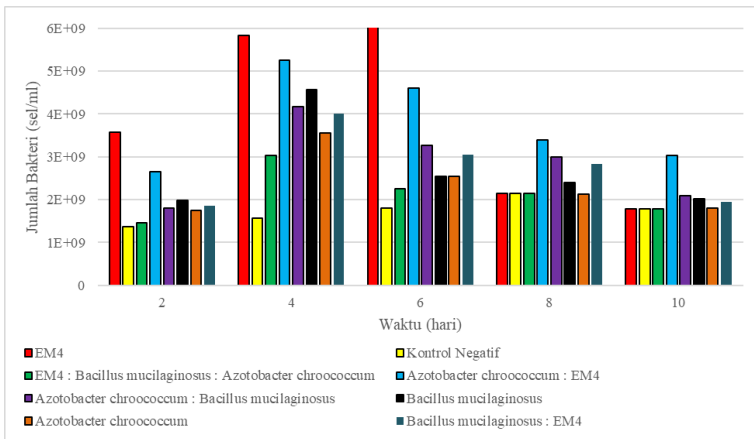


(c)

Gambar IV.1. Kurva Pertumbuhan Bakteri (a) *Azotobacter chroococcum*, (b) *Bacillus mucilaginosus*, (c) EM-4

Berdasarkan Gambar IV.1 didapatkan fase log untuk *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus* dan EM-4 masing masing sebesar 12, 12, 3 jam. Waktu yang di dapat dari kurva pertumbuhan tersebut akan dijadikan acuan dari lama inkubasi starter yang akan dibuat untuk masing masing bakteri. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan starter dari masing masing bakteri. Proses ini dimulai dari pembuatan Media NB cair. Media NB cair terdiri atas campuran media NB, glukosa dan *aquadest*. Selanjutnya media yang telah dibuat distrerilisasi menggunakan autoklaf bersuhu 121°C selama 15 menit dan di dinginkan. Selanjutnya dilakukan proses inokulasi ke dalam media yang telah dibuat dan dilanjutkan dengan tahap inkubasi selama 12 jam untuk *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus*, dan 3 jam untuk EM-4.

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan pupuk organik cair. Proses ini dimulai dari penyiapan limbah air kelapa dan starter bakteri yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian memasukkan 3 liter limbah air kelapa ke dalam tangki reaktor, dan ditambahkan larutan starter sesuai variabel yang telah ditentukan. Selanjutnya campuran antara larutan starter dan limbah air kelapa diaduk dan diaerasi dengan menggunakan aerator dengan rate sebesar 14 liter/menit selama 10 hari. Kemudian dilakukan pengecekan jumlah bakteri pada masing masing variabel setiap 2 hari dan didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar IV.2. Grafik Jumlah Bakteri (sel/ml) dalam air kelapa vs Waktu (hari)

Berdasarkan Gambar IV.2 dapat dilihat bahwa jumlah bakteri terbesar terdapat dalam variabel EM4. Hal ini disebabkan karena EM4 terdiri atas campuran beberapa mikroba antara lain *Rhodopseudomonas sp*, *Lactobacillus sp*, *Saccharomyces sp*, *actinomyces* dan *Aspergillus sp*. Masing masing bakteri tersebut memiliki kecepatan pertumbuhan yang berbeda beda. Sedangkan untuk variabel yang lain dapat dilihat bahwa rata rata kecenderungan jumlah bakteri terbesar terdapat pada hari ke 4 dan menurun pada hari ke 6. Selain itu dilakukan pengukuran pH setiap hari dan dapat dilihat pada appendiks B tabel B.2. Pada table B.2 didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai pH dari air kelapa selama proses berlangsung. Pada hari ke nol, air kelapa yang digunakan memiliki pH sebesar 5.8 dan selama proses berlangsung pH air kelapa turun hingga mencapai nilai pH 4.4 – 4.7. Hal ini dikarenakan, saat proses berlangsung bakteri mensekresikan asam organik seperti asam formiat, asam sitrat, dll. Hasil sekresi tersebut berguna untuk membentuk senyawa kompleks dengan Ca^{2+} , Mg^{2+}

sehingga membuat unsur hara menjadi tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. (Madjid, 2009). Dari table B.2 dapat dilihat juga bahwa rata-rata penurunan pH berhenti pada hari ke 6 proses dengan nilai pH sebesar 4.5, range pH bakteri *Azotobacter chroococcum* berkisar antara 4.6 – 8, sama halnya dengan *Bacillus mucilaginosus* yang memiliki range pH 4.6 – 9. Hal ini menyebabkan jumlah bakteri mengalami penurunan pada hari ke 6. Selanjutnya dilakukan analisa kandungan N, P, K dan C organik setiap 5 hari.

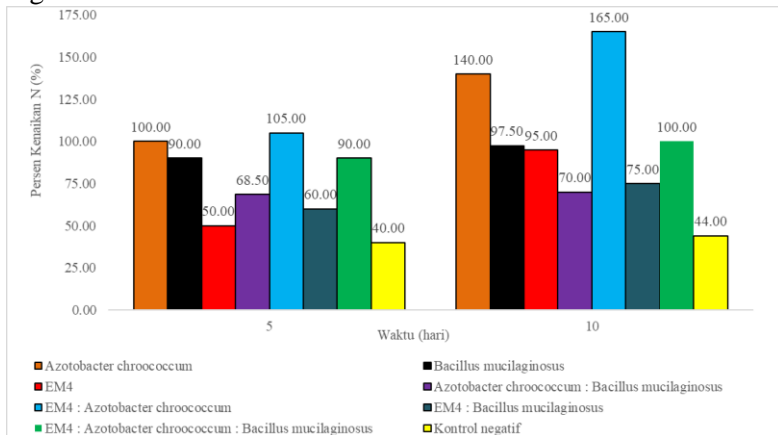
Hasil analisa menunjukkan bahwa bioaktivator (EM-4), *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* dapat menaikkan kadar nitrogen, kalium dan fosfat pada limbah air kelapa. Nutrisi utama yang dibutuhkan oleh mikroba adalah sumber karbon yang dapat tersedia pada limbah air kelapa. Kemudian pupuk yang dihasilkan akan diaplikasikan ke tanaman bayam, sawi dan kangkung setiap 2 hari dan dilakukan pengukuran pada tinggi batang, jumlah daun dan lebar daun.

IV.2.2 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap Kandungan N, P, K dan C Organik

Pada penelitian digunakan beberapa mikroba untuk mempercepat proses, antara lain Efektif Mikroorganisme (EM-4), *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus*, campuran *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* dengan perbandingan 1:1, campuran *Azotobacter chroococcum* dan EM-4 dengan perbandingan 1:1, campuran EM-4 dan *Bacillus mucilaginosus* dengan perbandingan 1:1 serta campuran antara *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus mucilaginosus* dan EM-4 dengan perbandingan 1:1:1.

IV.2.2.1 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap Kandungan Nitrogen pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Berikut adalah presentase kenaikan kadar nitrogen pada limbah air kelapa setelah dilakukan proses pembuatan pupuk organik cair:



Gambar IV. 3 Grafik Presentase Kenaikan Kadar Nitrogen pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Pada Gambar IV.3, nampak adanya peningkatan kadar nitrogen (N) pada limbah air kelapa, baik dengan penambahan mikroba maupun pada saat kontrol negatif. Hal ini dapat dilihat dari presentase awal kadar N pada air kelapa pada masing-masing variabel mengalami kenaikan setelah melalui proses selama 5 dan 10 hari. Dari Gambar IV.3 dapat terlihat jelas bahwa pada proses selama 5 hari dan 10 hari kenaikan kadar nitrogen (N) terbesar terdapat pada variabel perbandingan antara EM4 dan *Azotobacter chroococcum* (1:1) sebesar 105% dan 165%, sedangkan kenaikan terkecil terjadi pada kontrol negatif sebesar 40% dan 44%.

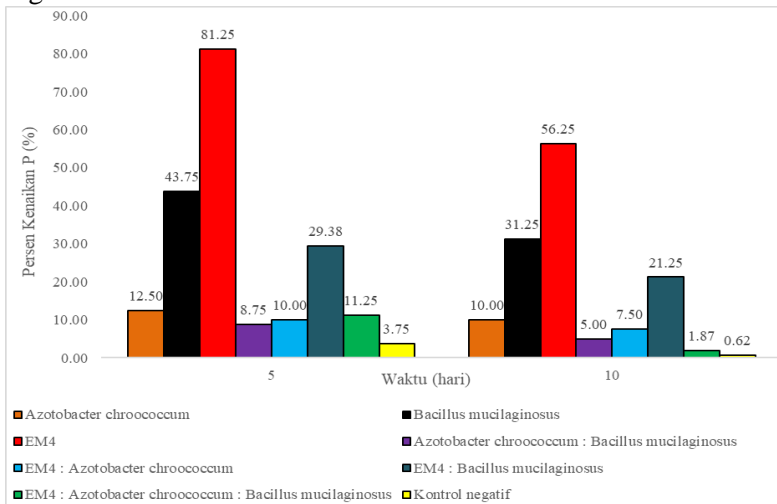
Hal ini menunjukkan bahwa penambahan mikroba *Azotobacter chroococcum* mampu meningkatkan kandungan N pada pupuk organik cair dari limbah air kelapa yang dihasilkan

dibandingkan variabel lainnya, hal tersebut dapat terjadi karena bakteri *Azotobacter* merupakan bakteri rizosfir yang dapat memfiksasi nitrogen (N_2) udara. Pada umumnya bakteri ini dimanfaatkan sebagai penyumbang nitrogen dan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Palacios, 2005). Sehingga apabila bakteri ini di campurkan dengan EM-4 akan menjadi sebuah kombinasi yang baik untuk meningkatkan kandungan N pada pupuk, serta didukung dengan hasil penelitian yang menunjukkan penambahan EM-4 tanpa bakteri *Azotobacter* dan penambahan bakteri *Azotobacter* tanpa EM-4 memiliki kenaikan yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan campuran keduanya. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Day et al., 1998) yang menunjukkan bahwa seiring proses berlangsung, konsentrasi N akan meningkat. Penambahan ini diakibatkan oleh adanya *Rhodopseudomonas sp.* Yang menghasilkan asam amino yang memiliki ikatan N sehingga akan meningkatkan kadar nitrogen pada pupuk organik cair yang dihasilkan.

Jika dilihat pada gambar IV.2 dapat dilihat bahwa jumlah bakteri mengalami kenaikan pada hari ke 0 hingga hari ke 5 dan mengalami penurunan pada hari ke 6 hingga ke 10, namun kadar nitrogen tetap mengalami kenaikan pada hari ke 10. Sebagai contoh jumlah bakteri campuran *Azotobacter chroococcum* dan EM4 sebesar 4.925×10^9 sel/ml pada hari ke 5 dan 3.03×10^9 pada hari ke 10. Sedangkan kadar nitrogen pada hari ke 5 sebesar 0.041 % dan pada hari ke 10 sebesar 0.053%. Hal ini dapat disebabkan karena akumulasi dari nitrogen. Meskipun jumlah mikroba berkurang, namun penyerapan nitrogen masih tetap berlangsung. Sehingga terjadi akumulasi terhadap kadar nitrogen.

IV.2.2.2 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap Kandungan Fosfor pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Berikut adalah presentase kenaikan kadar fosfor (P) pada limbah air kelapa setelah dilakukan proses pembuatan pupuk organik cair :



Gambar IV. 4 Grafik Presentase Kenaikan Kadar Fosfor pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Pada Gambar IV.4, nampak adanya peningkatan kadar fosfor (P) pada limbah air kelapa, baik dengan penambahan mikroba maupun pada saat kontrol negatif. Hal ini dapat dilihat dari presentase awal kadar fosfor pada air kelapa pada masing-masing variabel mengalami kenaikan setelah melalui proses selama 5 hari. Dengan persentase kenaikan tertinggi didapatkan pada variabel EM4 100% dengan nilai kenaikan sebesar 81.25%. Hal ini disebabkan bakteri pelarut P mampu merombak protein pada bahan baku menjadi asam amino.

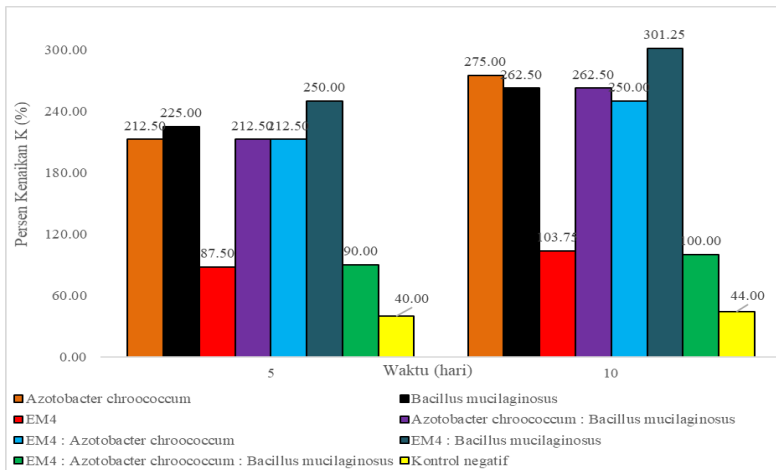
Bakteri pelarut P seperti *Pseudomonas sp* yang terdapat dalam EM4 memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim

protease yang di sekresikan ke lingkungan. Enzim proteolitik ekstraseluler bekerja menghidrolisis senyawa bersifat protein menjadi oligopeptida, peptida rantai pendek dan asam amino. Hal tersebut menyebabkan fosfat yang terikat dalam rantai panjang akan larut dalam asam organik yang dihasilkan oleh bakteri pelarut P (Subagiyo,2012). Namun hasil pada saat 10 hari proses menunjukkan penurunan kadar fosfor pada pupuk yang dihasilkan untuk semua variabel. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang terlalu asam, sehingga bakteri pelarut P tidak dapat bekerja secara optimal, hal tersebut dapat mengakibatkan terjadinya pengikatan fosfor oleh senyawa oksidator seperti Fe, Mg, Al dan Ca (Indranuda, 1994).

Jika dilihat pada gambar IV.2 dapat dilihat bahwa jumlah bakteri mengalami kenaikan pada hari ke 0 hingga hari ke 5 dan mengalami penurunan pada hari ke 6 hingga hari ke 10, kadar fosfor juga mengalami penurunan pada hari ke 10. Sebagai contoh jumlah bakteri EM4 100 % sebesar $6,13 \times 10^9$ sel/ml pada hari ke 5 dan $1,78 \times 10^9$ pada hari ke 10. Sedangkan kadar fosfor pada hari ke 5 sebesar 0.029 % dan pada hari ke 10 sebesar 0.025 %. Disaat jumlah mikroba berkurang, terjadi penurunan kadar fosfor.

IV.2.2.3 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap Kandungan Kalium pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Berikut adalah presentase kenaikan kadar kalium pada limbah air kelapa setelah dilakukan proses pembuatan pupuk organik cair.



Gambar IV. 5 Grafik Presentase Kenaikan Kadar Kalium pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

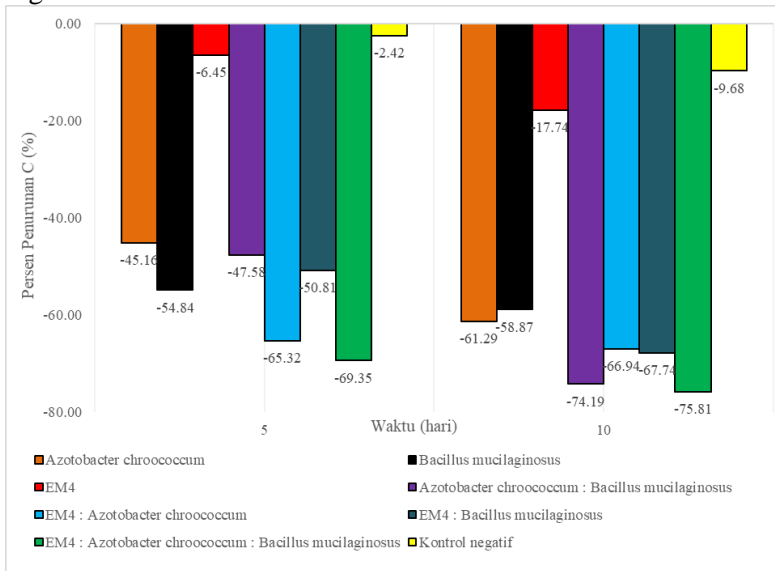
Pada Gambar IV.5, terlihat adanya peningkatan kadar Kalium (K) untuk setiap variabel pada air kelapa, baik dengan penambahan mikroba maupun tanpa penambahan mikroba (kontrol negatif) setelah melalui proses selama 5 hari dan 10 hari. Pada Gambar IV.5 dapat terlihat jelas bahwa pada proses selama 5 hari dan 10 hari kenaikan kadar kalium terbesar terdapat pada variabel perbandingan antara EM4 dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1) sebesar 250% dan 301.25%, sedangkan kenaikan terkecil terjadi pada kontrol negatif sebesar 40% dan 44%.

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan mikroba *Bacillus mucilaginosus* mampu meningkatkan kandungan K pada pupuk organik cair dari limbah air kelapa yang dihasilkan dibandingkan variabel lainnya. Pada umumnya bakteri ini dimanfaatkan sebagai pelarut unsur kalium, dimana mikroba tersebut menggunakan ion K^+ bebas yang ada dalam bahan baku pupuk untuk keperluan metabolisme (Agustina, 2004). Sehingga apabila bakteri ini di campurkan dengan EM-4 akan menjadi sebuah kombinasi yang baik untuk meningkatkan kandungan K pada pupuk yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh adanya *Saccharomyces sp* di dalam EM-4 yang menghasilkan enzim yang dapat mempercepat pertumbuhan dan kinerja dari *Bacillus mucilaginosus* , sehingga menghasilkan kadar kalium yang lebih besar.

Jika dilihat pada gambar IV.2 dapat dilihat bahwa jumlah bakteri mengalami kenaikan pada hari ke 0 hingga hari ke 5 dan mengalami penurunan pada hari ke 6 hingga hari ke 10, namun kadar kalium tetap mengalami kenaikan pada hari ke 10. Sebagai contoh jumlah bakteri campuran *Bacillus mucilaginosus* dan EM4 sebesar 3.525×10^9 sel/ml pada hari ke 5 dan 1.95×10^9 pada hari ke 10. Sedangkan kadar kalium pada hari ke 5 sebesar 0.28 % dan pada hari ke 10 sebesar 0.31. Hal ini dapat disebabkan karena akumulasi dari kalium yang terurai. Meskipun jumlah mikroba berkurang, namun penguraian kalium masih tetap berlangsung. Sehingga terjadi akumulasi terhadap kadar kalium.

IV.2.2.4 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap Kandungan Karbon pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Berikut adalah presentase penurunan kadar karbon pada limbah air kelapa setelah dilakukan proses pembuatan pupuk organik cair:



Gambar IV. 6 Grafik Presentase Penurunan Kadar Karbon pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Pada Gambar IV.6, nampak adanya penurunan kadar karbon organik (C) pada saat proses untuk setiap variabel, baik dengan penambahan mikroba maupun tanpa penambahan mikroba (kontrol negatif). Hal ini dapat dilihat dari presentase awal kadar C pada limbah air kelapa pada masing-masing variabel mengalami penurunan setelah melalui proses selama 5 dan 10 hari.

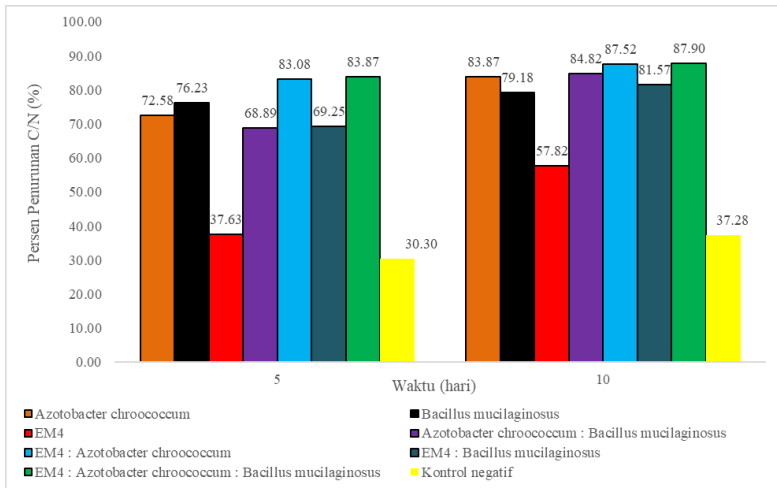
Dari gambar IV.6 terlihat jelas bahwa penurunan kadar karbon organik (C) terbesar terdapat pada variabel campuran aktifator EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus*

mucilaginosus (1:1:1) sebesar 69,35% saat 5 hari dan 75.81% saat 10 hari sedangkan penurunan terkecil terjadi pada variabel kontrol negatif sebesar 2,42% saat 5 hari dan 9.68% saat 10 hari. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aktifator EM-4 dengan bantuan mikroba *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* mampu mendegradasi kandungan C pada air kelapa lebih baik dibandingkan variabel lainnya, hal tersebut dapat terjadi karena EM 4 merupakan suatu kultur mikroorganisme yang dapat diaplikasikan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman mikroorganisme tanah dan tanaman sehingga kombinasi antara EM4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* ini juga dapat digunakan untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik sehingga proses dapat berlangsung lebih cepat (Day et al., 1998).

Dari hasil penelitian didapatkan nilai C menurun, hal ini disebabkan oleh mikroba yang menyesuaikan diri untuk melakukan metabolisme akan meningkatkan ukuran sel, sehingga sel akan menggunakan karbon (C) dari sampel sebagai bahan makanannya dan memperbanyak diri. Sehingga kandungan C semakin lama akan semakin menurun yang menunjukkan proses berhasil. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Day et al., 1998) yang menunjukkan bahwa seiring proses berlangsung, konsentrasi C akan menurun.

IV.2.2.5 Pembahasan Pengaruh Penambahan Mikroba terhadap rasio C/N pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Berikut adalah presentase penurunan kadar karbon pada limbah air kelapa setelah dilakukan proses pembuatan pupuk organik cair:



Gambar IV. 7 Grafik Presentase Penurunan Rasio C/N pada Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa

Pada Gambar IV.7, nampak adanya penurunan rasio C/N pada saat proses untuk setiap variabel, baik dengan penambahan mikroba maupun tanpa penambahan mikroba. Hal ini dapat dilihat dari presentase awal rasio C/N pada air kelapa pada masing-masing variabel pencampuran mengalami penurunan setelah melalui proses selama 5 dan 10 hari.

Dari grafik IV.7 dapat terlihat jelas bahwa penurunan rasio C/N terbesar terdapat pada variabel campuran aktifator EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) sebesar 83,87% pada hari ke 5 dan 87.9 % pada hari ke 10 sedangkan penurunan terkecil terjadi pada variabel kontrol negatif sebesar 30,3% pada hari ke 5 dan 37.28% pada hari ke 10.

Data penelitian menunjukkan adanya penurunan rasio C/N. Hal ini disebabkan oleh menurunnya kadar C dan meningkatnya kadar N seiring dengan waktu sehingga nilai dari rasio C/N pun menurun. Hal ini sesuai dengan literatur yang mengatakan bahwa seiring dengan waktu, kandungan C akan

menurun namun kandungan N akan meningkat yang menyebabkan rasio C/N pun akan menurun (Day et al., 1998).

Rasio C/N yang terkandung di dalam kompos menggambarkan tingkat kematangan dari kompos tersebut, semakin tinggi C/N rasio berarti pupuk belum terurai dengan sempurna atau dengan kata lain belum matang. Pada tabel IV.4 dan tabel IV.5 dapat dilihat bahwa rasio C/N pada pupuk dengan variabel campuran EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) sebesar 10,00 pada hari ke 5 dan 7.74 pada hari ke 10. Berikut merupakan persyaratan teknis pupuk organik cair Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/2011.

NO.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU
1.	C – organik	%	min 6
2.	Bahan ikutan : (plastik,kaca, kerikil)	%	maks 2
3.	Logam berat: - As - Hg - Pb - Cd	ppm ppm ppm ppm	maks 2,5 maks 0,25 maks 12,5 maks 0,5
4.	pH		4 – 9
5.	Hara makro: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	% % %	3 - 6 3 - 6 3 - 6
6.	Mikroba kontaminan: - <i>E.coli</i> , - <i>Salmonella sp</i>	MPN/ml MPN/ml	maks 10 ² maks 10 ²
7.	Hara mikro : - Fe total atau - Fe tersedia - Mn - Cu - Zn - B - Co - Mo	ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm	90 - 900 5 - 50 250 - 5000 250 - 5000 250 - 5000 125 - 2500 5 - 20 2 - 10
8.	Unsur lain : - La - Ce	ppm ppm	0 0

Gambar IV. 8 Peraturan Menteri Pertanian Nomor70/Permentan/SR.140/10/2011.

Pada gambar IV.8. terlihat tidak adanya angka yang pasti terhadap rasio C/N yang ditetapkan. Dan jika ditinjau dari kadar unsur C dan N yang tercantum di peraturan tersebut, maka akan dihasilkan rasio C/N berkisar antara 1.00 - 2.00. Berikut merupakan beberapa jenis produk pupuk organik cair yang telah terdapat di pasaran

Tabel IV.4 Kadar Pupuk Organik Cair di Pasaran sebagai Referensi

No	Nama Pupuk	Kadar (%)			
		N	P	K	C/N
1	Hegrow	2.36	2.21	2.00	2.86
2	NASA (Natural Nusantara)	0.12	0.03	0.31	0.86

(www.pupukorganik.com)

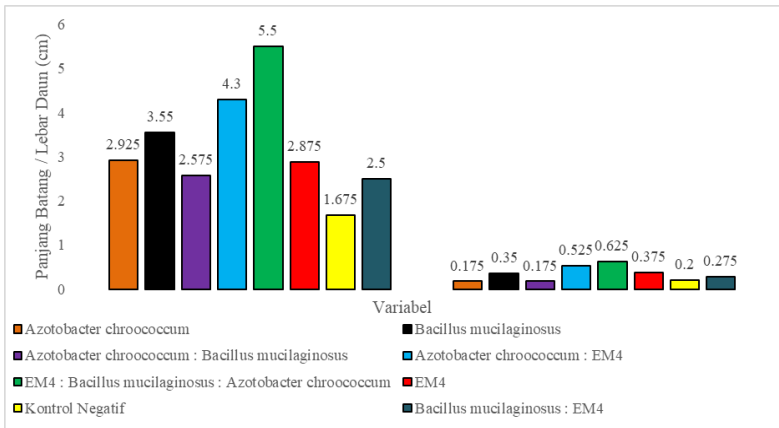
Tabel IV.5 Kadar Pupuk Organik Cair Hasil Penelitian

No	Variabel Pupuk	Kadar (%)			
		N	P	K	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	0.05	0.02	0.30	10.00
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.04	0.02	0.29	12.91
3	EM4	0.04	0.02	0.16	26.15
4	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.03	0.02	0.29	9.41
5	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i>	0.05	0.02	0.28	7.74
6	EM4 : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.04	0.02	0.32	11.43
7	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.04	0.02	0.31	7.50
8	Kontrol negative	0.03	0.02	0.02	38.89

Pada tabel IV.4 dan IV.5 terlihat bahwa produk pupuk organik cair dari limbah air kelapa, kadar C/N yang dihasilkan lebih besar dibandingkan kadar C/N dari produk pupuk organik cair yang berada di pasaran, sehingga dapat dikatakan pupuk yang dihasilkan dari penelitian ini belum matang. Rasio C/N akan mempengaruhi ketersediaan unsur hara. Apabila nilai rasio C/N rendah maka akan menyebabkan hilangnya ammonia (Morisaki et al., 1989), namun apabila nilainya tinggi akan memperlambat proses dekomposisi (Finstein and Morris, 1974). Selain itu jika dilihat pada unsur hara lain seperti N, P dan K. terlihat bahwa kadar unsur hara dari pupuk yang dihasilkan dari penelitian lebih kecil daripada unsur hara dari pupuk yang ada di pasaran. Hal ini dapat disebabkan oleh kurang matangnya pupuk yang dihasilkan dan juga kurang tersedianya sumber makanan berupa C dalam bahan baku berupa air kelapa, Air kelapa memiliki kadar C sangat kecil. Hal ini menyebabkan asupan makanan bagi mikroba yang berkurang dan menurunkan kinerja dari mikroba tersebut untuk meningkatkan unsur hara.

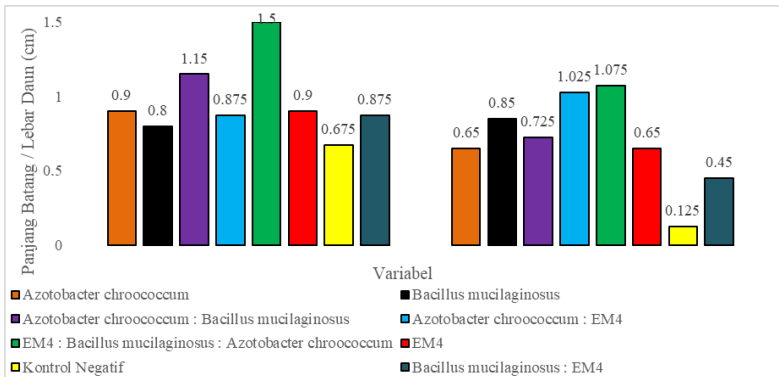
IV.2.3 Pembahasan Hasil Pupuk pada Uji Tanaman Bayam Sawi dan Kangkung

Pada penelitian digunakan beberapa tanaman uji berupa bayam, sawi dan kangkung yang akan diberi pupuk organik cair yang telah dihasilkan selama 14 hari dengan periode penyiraman setiap 2 hari. Pupuk yang diberikan mempunyai volume total sebesar 20 ml dengan cara mengencerkan 10 ml pupuk dengan 10 ml *aquadest*. Berikut adalah hasil pengukuran panjang batang dan lebar daun pada tanaman bayam setelah dilakukan penyiraman selama 14 hari



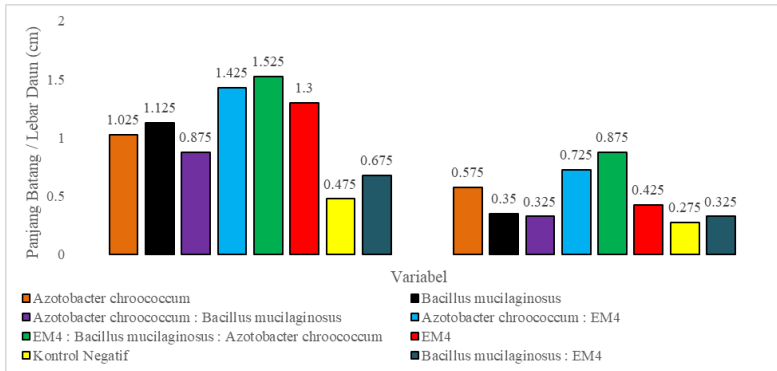
Gambar IV. 9 Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Bayam Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari

Pada gambar IV.9, dapat dilihat bahwa pertambahan panjang batang dan lebar daun terbesar ada pada tanaman bayam yang diberikan pupuk dengan variabel campuran aktifator EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) yaitu pertambahan panjang batang sebesar 5,5 cm, dengan rate sebesar 0,786 cm/hari dan lebar daun sebesar 0.625 cm dengan rate sebesar 0,089 cm/hari . sedangkan pertumbuhan panjang batang dan lebar daun terkecil dihasilkan oleh pupuk dengan variabel kontrol negatif yaitu pertambahan panjang sebesar 1.675 cm dengan rate sebesar 0,239 cm/hari dan pertambahan lebar daun 0.2 cm dengan rate sebesar 0,029 cm/hari



Gambar IV. 10 Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Sawi Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari

Pada gambar IV.10, dapat dilihat bahwa pertambahan panjang batang dan lebar daun terbesar ada pada tanaman sawi yang diberikan pupuk dengan variabel campuran aktifator EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) yaitu dengan pertambahan panjang batang sebesar 1,5 cm dengan rate sebesar 0,214 cm/hari dan lebar daun sebesar 1.075 cm dengan rate 0,154 cm/hari . sedangkan pertumbuhan panjang batang dan lebar daun terkecil dihasilkan oleh pupuk dengan variabel kontrol negatif dengan pertambahan panjang batang sebesar 0.675 cm dengan rate sebesar 0,096 cm/hari dan pertambahan lebar daun sebesar 0.125 cm dengan rate sebesar 0,018 cm/hari.



Gambar IV. 11 Grafik Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Kangkung Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari

Pada gambar IV.11, dapat dilihat bahwa pertambahan panjang batang dan lebar daun terbesar ada pada tanaman kangkung yang diberikan pupuk dengan variabel campuran aktifator EM4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) yaitu dengan pertambahan panjang batang sebesar 1,525 cm dengan rate sebesar 0,218 cm/hari dan lebar daun sebesar 0.875 cm dengan rate sebesar 0,125 cm/hari. sedangkan pertumbuhan panjang batang dan lebar daun terkecil dihasilkan oleh pupuk dengan variabel kontrol negatif dengan pertambahan panjang batang sebesar 0.475 cm dengan rate sebesar 0,068 cm/hari dan pertambahan lebar daun sebesar 0.275 cm dengan rate sebesar 0,039 cm/hari

Dari gambar IV.9 – IV.11 dapat dilihat bahwa pertambahan panjang batang dan lebar daun terbesar pada tanaman sawi, bayam dan kangkung diperoleh pada variabel campuran aktifator EM4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* dibandingkan dengan variabel lain yang menggunakan single bakteri ataupun campuran 2 bakteri, Hal ini dapat di lihat bahwa EM-4 sangat dominan dalam memberikan pengaruh terhadap mikroba lain seperti *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* dalam meningkatkan unsur hara yang

berguna untuk pertumbuhan tanaman. Sehingga dapat dikatakan bahwa variabel campuran antara aktifator EM4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* sangat efektif untuk menambah pertumbuhan pada tanaman sayuran khususnya pada tanaman bayam, kangkung dan sawi.

Pada lingkungan tanah, kandungan karbon (C) meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah dan penggunaan hara secara efisien. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa ketersediaan hara bagi tanaman tergantung pada tipe bahan yang termineralisasi dan hubungan antara karbon dan nutrisi lain. Kandungan karbon pada tanaman juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dikarenakan karbon sangat berpengaruh terhadap fotosintesis tanaman. Penambahan pupuk N dan P pada tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang sekunder, dan jumlah cabang primer).

Unsur N diperlukan untuk proses metabolisme dimana unsur N sebagai protein fungsional sekaligus merangsang pertumbuhan. Namun jumlah nitrogen harus tetap dijaga, tidak boleh berlebihan ataupun kekurangan. Apabila tanaman kekurangan nitrogen maka daun pada bagian bawah akan menguning karena kekurangan klorofil. Pada proses lebih lanjut, daun akan mengering dan rontok. Tulang-tulang di bawah permukaan daun muda akan tampak pucat. Pertumbuhan tanaman melambat, kerdil dan lemah. Akibatnya produksi bunga dan biji pun akan rendah. Pada sisi lain, apabila tanaman terlalu banyak asupan nitrogen maka menyebabkan tanaman rentan terhadap serangan jamur dan penyakit serta produksi bunga pun akan menurun (Tisdale dan Nelson, 1975).

Sedangkan unsur P diperlukan sebagai pentransfer energi ADP dan ATP, NAD, dan NADH. P merupakan salah satu unsur hara esensial yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan hasil. Unsur P sangat diperlukan untuk mendorong pembuahan. Kadar P pada tanaman sangat berperan dalam meningkatkan hasil

buah. Semakin tinggi P di tanah makin tinggi konsentrasinya di daun maka makin banyak buah yang dihasilkan. Kadar P pada tanaman harus dijaga, tidak boleh terlalu sedikit. Hal tersebut dapat menyebabkan daun menjadi tua dan keunguan serta cenderung kelabu. Tepi daun menjadi cokelat, tulang daun muda berwarna hijau gelap. Fase pertumbuhan lambat dan tanaman kerdil (Rina, 2015).

Kandungan kalium pada tanaman berfungsi untuk mempengaruhi kualitas (rasa, warna dan bobot) buah serta bunga, menambah daya tahan tanaman terhadap kekeringan, hama/penyakit, mempercepat pertumbuhan jaringan meristem, membantu pembentukan protein dan karbohidrat (katalisator). Unsur K memegang peranan penting di dalam metabolisme tanaman antara lain terlibat langsung dalam beberapa proses fisiologis (Farhad dkk., 2010). Keterlibatan tersebut dikelompokkan dalam dua aspek, yaitu: (1) aspek biofisik dimana kalium berperan dalam pengendalian tekanan osmotik, turgor sel, stabilitas pH, dan pengaturan air melalui kontrol stomata, dan (2) aspek biokimia, kalium berperan dalam aktivitas enzim pada sintesis karbohidrat dan protein, serta meningkatkan translokasi fotosintat dari daun (Taiz dan Zeiger, 2002; Fageria dkk., 2009).

Selain itu unsur K berperan memperkuat dinding sel dan terlibat di dalam proses lignifikasi jaringan sclerenchym. Kalium dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit tertentu (Fageria dkk., 2009). Dengan demikian, adanya pemberian K dapat terbentuknya senyawa lignin yang lebih tebal, sehingga dinding sel menjadi lebih kuat dan dapat melindungi tanaman dari gangguan dari luar. Selain itu kalium juga berfungsi dalam proses fotosintesis, pengangkutan hasil asimilasi, enzim dan mineral termasuk air. Serta untuk meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit.

Kekurangan Kalium pada tanaman dapat menyebabkan daun mengerut atau mengeriting terutama pada daun tua, daun akan berwarna ungu lalu mengering lalu mati, Daya tahan/kekebalan tanaman terhadap penyakit menjadi berkurang. Selain itu batang tanaman menjadi lemas atau mudah rebah dan timbul bercak coklat pada pucuk daun. Namun apabila tanaman mengalami kelebihan K, maka akan menyebabkan penyerapan Ca dan Mg terganggu. Pertumbuhan tanaman terhambat sehingga tanaman mengalami defisiensi (Thompson, 1979).

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Limbah air kelapa dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair.
2. Penambahan campuran EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) merupakan variabel terbaik yang dapat meningkatkan unsur hara dengan kenaikan kadar N sebesar 100%, kenaikan P sebesar 1.87%, kenaikan K sebesar 287.5% dan penurunan C sebesar 75.81%, namun hasil tersebut belum memenuhi kadar pupuk organik cair yang ada di pasaran.
3. Pupuk cair dengan variabel campuran EM-4, *Azotobacter chroococcum* dan *Bacillus mucilaginosus* (1:1:1) merupakan pupuk cair terbaik untuk pertumbuhan panjang batang dan lebar daun tanaman bayam, sawi dan kangkung dibandingkan dengan variabel lainnya. Untuk tanaman bayam dengan penambahan panjang batang sebesar 5.5 cm dengan rate sebesar 0,786 cm/hari ; penambahan lebar daun sebesar 0.625 cm dengan rate sebesar 0,089 cm/hari . Untuk tanaman sawi dengan penambahan panjang sebesar 1.5 cm dengan rate sebesar 0,214 cm/hari ; penambahan lebar daun sebesar 1.075 cm dengan rate sebesar 0,154 cm/hari. Untuk tanaman kangkung dengan penambahan panjang sebesar 1.525 cm dengan rate sebesar 0,218 cm/hari ; penambahan lebar daun sebesar 0.875 cm dengan rate sebesar 0,039 cm/hari.

V.2 Saran

Dalam penelitian pembuatan pupuk organik cair dari limbah air kelapa selanjutnya, hendaknya dilakukan pemakaian jumlah bakteri yang lebih besar dalam starter, agar proses berlangsung lebih optimal, dan hendaknya digunakan tambahan bahan baku lain seperti kotoran sapi agar menghasilkan pupuk dengan kadar unsur hara yang lebih besar dan dapat mencapai standart pupuk yang ada di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, 2004. Dasar Nutrisi Tanaman. Jakarta. Rineka Cipta : Hal 54
- Day, M., M. Krzymien, K. Shaw, L. Zaremba, W.R. Wilson, C. Botden, and B. Thomas. 1998. An investigation of the chemical and physical changes occurring during commercial composting. *Compost Science & Utilization* 6(2):44–66.
- Fageria, N.K., M.P.B. Filho, and J.H.C. Da Costa. 2001. *Potassium use efficiency in common bean genotype*. J. Plant Nutr. 24:1937-1945.
- Farhad, I.S.M., M.N. Islam, S. Hoque, and M.S.I. Bhuiyan. 2010. *Role of potassium and sulphur on the growth, yield, and oil content of soybean (Glycine max L.)*. Ac. J. Plant Sci. 3 (2): 99-103.
- Finstein, M.S., F.C. Miller, and P.F. Strom. 1986. *Waste treatment composting as a controlled system*, p. 363–398. In: W. Schenborn (ed.). *Biotechnology, Vol. 8-Microbial Degradations*. VCH Verlagsgesellschaft [German Chemical Society]: Weinheim F.R.G.
- Hayati, Rita. 2009. Perbandingan Susunan Dan Kandungan Asam Lemak Kelapa Muda Dan Kelapa Tua (*Cocos nucifera* L.) Dengan Metode Gas Kromatografi. Aceh: Fakultas Pertanian Unsyiah
- Indranuda, H. K. 1994. Pengelolaan Kesuburan Tanah. Cetakan ke-3. Bandung: Bumi Aksara
- Juliastuti, Sri Rachmania dkk. 2012. Peran mikroorganisme *Azotobacter chroococcum* *Pseudomonas putida* dan *Aspergillus niger* pada Pembuatan Pupuk Cair dari Limbah Cair Industri Pengolahan Susu. Surabaya: Pengolahan Limbah Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Juliastuti, Sri Rachmania dkk. 2013. Peran mikroorganisme *Azotobacter chroococcum* , *Pseudomonas putida* dan *Aspergillus niger* pada Pembuatan Kompos Limbah *Sludge*

- Industri Pengolahan Susu. Surabaya: Pengolahan Limbah Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Morisaki, N., C.G. Phae, K. Nakasaki, M. Shoda, and H. Kubota. 1989. Nitrogen transformation during thermophilic composting. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 1:57–61.
- Palacious, R. 2005. *Genomes and Genomics of Nitrogen-Fixing Organisms*. Springer. Netherland: Dordrecht.
- Pujiastuti, Junita. 2012. Pemanfaatan Air Kelapa dan Limbah Cair Ampas Tahu Sebagai Tambahan Nutrisi Pertumbuhan Tanaman Cabai Hibrida (*Capsicum annum L*). Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah.
- Pupuk Cair Organik Hegrow. 11 Juni 2017.
<http://www.pupukorganik.com/pukhegrow>
- Pupuk Organik Cair Natural Nusantara. 11 Juni 2017.
<http://www.produktnaturalnusantara.com>
- Rina, D. Manfaat Unsur N, P, dan K bagi Tanaman. 16 Januari 2017.
http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=707:manfaat-unsur-n-p-k-bagitanaman&catid26:lain&itemid=59
- Republik Indonesia. 2011. Peraturan Menteri Pertanian No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenhara Tanah. Menteri Pertanian: Jakarta
- Setiawati dkk. 2015. Pemanfaatan Inokulasi Ganda Bakteri Pelarut Fosfat dan Pelarut Kalium pada Media Bagase Tebu Guna Peningkatan Ketersediaan Hara Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Jember: Universitas Jember.
- Subagiyo dan Setyati, 2012. Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Enzim Ekstraseluler (proteolitik, amilolitik, lipolitik dan selulolitik) yang Berasal dari Sedimen Kawasan Mangrove. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 17(3): 164-168
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates,

- Inc., Publisher. Sunderland, Massachusetts.
- Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1957. *Vegetable Crops*. 5th edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1996. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan, New York
- Tiwery. Rini R. 2014. Pengaruh Penggunaan Air Kelapa (*Cocos nucifera*) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Drassica juncea L.*). Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Indonesia.

LAMPIRAN A

Pembuatan Pupuk Organik Cair

Bahan : 1. Limbah Air Kelapa
2. Starter bakteri sesuai variable
Alat : Mix Reactor dilengkapi dengan aerator
Prosedur :

1. Limbah air kelapa yang telah disiapkan dilakukan pengecekan kadar N, P, C dan K
2. Masukkan 3 liter limbah air kelapa kedalam tangki (ember) pencampur.
3. Masukkan starter bakteri berupa larutan media NB yang berisi bakteri sebanyak 10^7 /ml sesuai variabel yang ditentukan sebelumnya ke dalam tangki pencampur. Setelah itu ditutup
4. Beri aerasi dengan bantuan aerator dengan rate aerasi 14 Liter/menit/variabel
5. Beri pengadukan selama proses pembentukan pupuk cair berlangsung (10 hari)
6. Setelah pupuk organik cair terbentuk lalu dilakukan pengecekan kadar N, P, C dan K.

Aplikasi Pupuk Organik Cair pada Tanaman Bayam, Sawi dan Kangkung

Bahan : 1. Pupuk organik cair
2. Akuades
Alat : 1. Botol semprot 100 ml
2. Gelas ukur

Prosedur :

1. Masukkan 50 ml pupuk organik cair yang dihasilkan kedalam gelas ukur
2. Encerkan dengan akuades dengan perbandingan 1:1, sehingga akuades yang ditambahkan sebanyak 50 ml
3. Masukkan pupuk yang telah diencerkan kedalam botol semprot 100 ml

4. Semprotkan ke tanaman yang telah disediakan sebanyak 20 ml

Dokumentasi Pembuatan Pupuk Organik Cair :



Gambar A.1. Proses Penuangan Limbah Air Kelapa Kedalam
Mix Reactor



Gambar A.2. Limbah Air Kelapa



Gambar A.3. *Mix Reactor*



Gambar A.4. Pupuk Organik Cair yang Dihasilkan



Gambar A.5. Penyiraman Tanaman dengan Pupuk Organik Cair yang Dihasilkan



Gambar A.6. Pengukuran Tanaman Berupa Panjang Batang dan Lebar Daun



Gambar A.7. Tanaman Sawi Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari



Gambar A.8. Tanaman Kangkung Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari

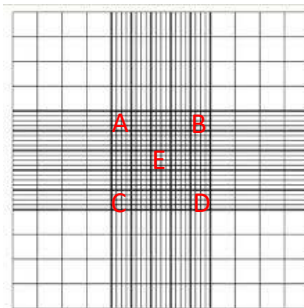


Gambar A.9. Tanaman Bayam Setelah Dilakukan Penyiraman Selama 14 Hari

LAMPIRAN B

A. Perhitungan Jumlah Sel dengan Metode *Counting Chamber*

Pada metode ini digunakan hemasitometer. Hemasitometer adalah suatu alat untuk menghitung sel secara cepat dan digunakan untuk konsentrasi sel yang rendah. Alat ini adalah tipe khusus dari *microscope slide* yang terdiri dari dua *chamber*, dimana terbagi atas 9 area (1,0 mm x 1,0 mm) satuan luas dan terpisahkan oleh tiga garis. Luas area masing - masing 1 mm². *Deck glass* digunakan untuk menutup bagian atas dengan ketebalan 0,1 mm. Hemasitometer diletakkan diatas tempat objek pada mikroskop dan digunakan untuk menghitung jumlah suspensi



1. *Azotobacter chroococcum*

Contoh perhitungan jumlah sel *Azotobacter* variabel waktu 0 hari

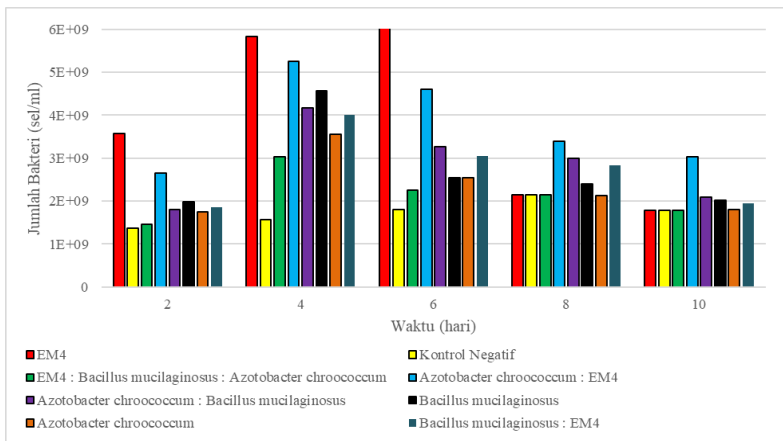
$$\begin{aligned} \text{Jumlah sel rata-rata} &= \frac{\text{Total/kotak}}{2} \\ &= \frac{7.2+6.8}{2} = 7 \text{ sel/kotak} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sel per kotak} &= \frac{\text{Jumlah sel rata-rata}}{1/25} \\ &= \frac{7}{1/25} = 175 \text{ sel / mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah sel keseluruhan} &= \text{jumlah sel per kotak} \times 1000 \times \text{faktor} \\ \text{pengenceran / ketebalan} &= 175 \times 1000 \times 1000 / 0.1 \\ &= 1.75 \times 10^9 \text{ sel/ml} \end{aligned}$$

Tabel B.1. Data Hasil Pengamatan *Counting Chamber Azotobacter chroococcum*

Hari	Perhitungan ke	Kotak (Jumlah sel)					Rata-rata sel/kotak	FP (kali)	Jumlah mikroba sel/ml	Rata- rata jumlah mikroba sel/ml
		A	B	C	D	E				
2	1	7	9	6	9	5	7.2	1000	1.80.E+09	1.75.E+09
	2	8	7	8	6	5	6.8	1000	1.70.E+09	
4	1	13	14	13	13	11	12.8	1000	3.20.E+09	3.55.E+09
	2	15	17	16	15	15	15.6	1000	3.90.E+09	
6	1	10	10	11	13	11	11	1000	2.75.E+09	2.55.E+09
	2	9	9	9	11	9	9.4	1000	2.35.E+09	
8	1	8	8	9	10	8	8.6	1000	2.15.E+09	2.13.E+09
	2	9	8	8	9	8	8.4	1000	2.10.E+09	
10	1	8	8	7	8	6	7.4	1000	1.85.E+09	1.80.E+09
	2	7	8	7	6	7	7	1000	1.75.E+09	



Gambar B.1. Grafik Jumlah Bakteri (sel/ml) dalam air kelapa vs Waktu (hari)

B. Data Pengamatan pH dan Suhu Pada Pupuk yang Dihasilkan

Mulai Proses : 13 April 2017

Selesai Proses : 23 April 2017

Tabel B.2. Hasil Pengamatan pH dan Suhu

Tanggal	EM4 : <i>Bacillus</i> : <i>Azotobacter</i>	<i>Azotobacter</i> : EM4	<i>Azotobacter</i> : <i>Bacillus</i>	<i>Bacillus</i> <i>mucilaginosus</i>	<i>Azotobacter</i> <i>chroococcum</i>	<i>Bacillus</i> : EM4	EM4	Kontrol Negatif	T (°C)
13-Apr	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	30
14-Apr	5	5.2	5.1	5.1	5.2	5.2	5.4	5.8	30
15-Apr	4.6	4.8	4.6	4.6	4.6	4.7	5.3	5.7	30
16-Apr	4.6	4.8	4.5	4.6	4.6	4.6	5	5.5	30
17-Apr	4.6	4.8	4.5	4.6	4.5	4.6	4.8	5.2	30
18-Apr	4.5	4.7	4.5	4.6	4.5	4.6	4.7	5.2	30
19-Apr	4.5	4.7	4.4	4.5	4.5	4.5	4.7	5	30
20-Apr	4.5	4.7	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.9	30
21-Apr	4.5	4.6	4.4	4.5	4.5	4.5	4.4	4.9	30
22-Apr	4.5	4.6	4.4	4.5	4.5	4.5	4.4	4.7	30
23-Apr	4.5	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.4	4.7	30

LAMPIRAN C

HASIL ANALISA DAN PERHITUNGAN

I. HASIL ANALISA PENELITIAN

Tabel C. 1 Hasil Analisa Limbah Air Kelapa Sebelum Menjadi Media Pembuatan Pupuk Organik Cair

No	Komponen	Kadar (%)
1	N	0.02
2	P	0.016
3	K	0.08
4	C-Organik	1.24
5	C/N	62

Tabel C. 2 Hasil Analisa N,P,K,C Organik dan Rasio C/N setelah Proses Selama 5 Hari

No	Variabel	Kandungan N, P, K, C-organik setelah 5 hari				
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0400	0.0180	0.2500	0.6800	17.00
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0380	0.0230	0.2600	0.5600	14.74
3	EM4	0.0300	0.0290	0.1500	1.1600	38.67
4	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0337	0.0174	0.2500	0.6500	19.29
5	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0410	0.0176	0.2500	0.4300	10.49

6	<i>EM4 : Bacillus mucilaginosus</i>	0.0320	0.0207	0.2800	0.6100	19.06
7	<i>EM4 : Azotobacter chroococcum : Bacillus mucilaginosus</i>	0.0380	0.0178	0.2800	0.3800	10.00
8	Kontrol negatif	0.0280	0.0166	0.1470	1.2100	43.21

Tabel C.3 Hasil Analisa N,P,K,C Organik dan Rasio C/N setelah Proses Selama 10 Hari

No	Variabel	Kandungan N, P, K, C-organik setelah 10 hari				
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	0.0480	0.0176	0.3000	0.4800	10.00
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	0.0395	0.0210	0.2900	0.5100	12.91
3	EM4	0.0390	0.0250	0.1630	1.0200	26.15
4	<i>Azotobacter chroococcum : Bacillus mucilaginosus</i>	0.0340	0.0168	0.2900	0.3200	9.41
5	<i>EM4 : Azotobacter chroococcum</i>	0.0530	0.0172	0.2800	0.4100	7.74
6	<i>EM4 : Bacillus mucilaginosus</i>	0.0350	0.0194	0.3210	0.4000	11.43
7	<i>EM4 : Azotobacter</i>	0.0400	0.0163	0.3100	0.3000	7.50

	<i>chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>					
8	Kontrol negatif	0.0288	0.0161	0.0151	1.1200	38.89

Tabel C.4 Presentase Perubahan C,N,C/N Rasio, P dan K setelah Proses selama 5 Hari

No	Variabel	Kenaikan kandungan N, P, K, C-organik setelah 5 hari				
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	100.00%	12.50%	212.50%	-45.16%	-72.58%
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	90.00%	43.75%	225.00%	-54.84%	-76.23%
3	EM4	50.00%	81.25%	87.50%	-6.45%	-37.63%
4	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	68.50%	8.75%	212.50%	-47.58%	-68.89%
5	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i>	105.00%	10.00%	212.50%	-65.32%	-83.08%
6	EM4 : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	60.00%	29.38%	250.00%	-50.81%	-69.25%
7	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	90.00%	11.25%	250.00%	-69.35%	-83.87%

8	Kontrol negatif	40.00%	3.75%	83.75%	-2.42%	-30.30%
----------	-----------------	--------	-------	--------	--------	---------

Tabel C.5 Presentase Perubahan C,N,C/N Rasio, P dan K setelah Proses selama 10 Hari

No	Variabel	Kenaikan kandungan N, P, K, C-organik setelah 10 hari				
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)	C/N
1	<i>Azotobacter chroococcum</i>	140.00 %	10.00 %	275.00 %	-61.29%	- 83.87 %
2	<i>Bacillus mucilaginosus</i>	97.50 %	31.25 %	262.50 %	-58.87%	- 79.18 %
3	EM4	95.00 %	56.25 %	103.75 %	-17.74%	- 57.82 %
4	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	70.00 %	5.00%	262.50 %	-74.19%	- 84.82 %
5	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i>	165.00 %	7.50%	250.00 %	-66.94%	- 87.52 %
6	EM4 : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	75.00 %	21.25 %	301.25 %	-67.74%	- 81.57 %

7	EM4 : <i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>	100.00 %	1.87%	287.50 %	-75.81%	- 87.90 %
8	Kontrol negatif	44.00 %	0.62%	- 81.13 %	-9.68%	- 37.28 %

Tabel C.6 Hasil Pertambahan Rata-Rata Panjang Batang, Jumlah Daun dan Lebar Daun Tanaman Bayam

Indikator	Variabel	Hari			$\Delta 1$	$\Delta 2$	Rata rata penambahan (cm)
		0	7	14			
Panjang Batang (cm)	A	14.25	19.35	20.1	5.1	0.75	2.925
	B	14.5	21.4	21.6	6.9	0.2	3.55
	C	12.7	17.5	17.85	4.8	0.35	2.575
	D	20.25	28.75	28.85	8.5	0.1	4.3
	E	11.85	16.7	16.85	4.85	0.15	2.5
	F	13	17	24	4	7	5.5
	G	29.25	31	35	1.75	4	2.875
	H	17.3	19.5	20.65	2.2	1.15	1.675
Jumlah Daun	A	6	6	6	0	0	0
	B	5	7	7	2	0	1
	C	4	6	6	2	0	1
	D	8	10	10	2	0	1
	E	6	7	7	1	0	0.5
	F	5	6	6	1	0	0.5
	G	8	8	8	0	0	0
	H	6	7	7	1	0	0.5
Lebar Daun (cm)	A	6.15	6.45	6.5	0.3	0.05	0.175

	B	6.1	6.5	6.8	0.4	0.3	0.35
	C	5.7 5	6.1	6.1	0.35	0	0.175
	D	6.7 5	7.2	7.8	0.45	0.6	0.525
	E	5.4 5	5.8	6	0.35	0.2	0.275
	F	5.7 5	6.2 5	7	0.5	0.75	0.625
	G	6.9	7.2	7.6 5	0.3	0.45	0.375
	H	5.6	5.7 5	6	0.15	0.25	0.2

Tabel C.7 Hasil Pertambahan Rata-Rata Panjang Batang, Jumlah Daun dan Lebar Daun Tanaman Kangkung

Indikator	Variabel	Hari			$\Delta 1$	$\Delta 2$	Rata rata penambahan (cm)
		0	7	14			
Panjang Batang (cm)	A	17.35	18.5	19.4	1.15	0.9	1.025
	B	21	22.7	23.25	1.7	0.55	1.125
	C	16.8	18.55	18.55	1.75	0	0.875
	D	25.15	27	28	1.85	1	1.425
	E	22.75	23.7	24.1	0.95	0.4	0.675

	F	21.75	23. 6	24. 8	1.85	1.2	1.525
	G	22.7	24. 5	25. 3	1.8	0.8	1.3
	H	21.85	22. 1	22. 8	0.25	0.7	0.475
Jumlah Daun	A	7	6	6	-1	0	-0.5
	B	8	8	8	0	0	0
	C	6.5	9	8.5	2.5	-0.5	1
	D	10	11	11	1	0	0.5
	E	8	10	10	2	0	1
	F	8	8	7	0	-1	-0.5
	G	11	11	11	0	0	0
	H	9	10	10	1	0	0.5
Lebar Daun (cm)	A	8.15	8.6	9.3	0.45	0.7	0.575
	B	8.8	9.2	9.5	0.4	0.3	0.35
	C	8.75	9	9.4	0.25	0.4	0.325
	D	9.55	10. 2	11	0.65	0.8	0.725
	E	9.35	9.8	10	0.45	0.2	0.325
	F	9.05	9.6	10. 8	0.55	1.2	0.875
	G	8.15	8.8	9	0.65	0.2	0.425
	H	7.65	7.8	8.2	0.15	0.4	0.275

Tabel C.8 Hasil Pertambahan Rata-Rata Panjang Batang, Jumlah Daun dan Lebar Daun Tanaman Sawi

Indikator	Variabel	Hari			$\Delta 1$	$\Delta 2$	Rata rata penambahan
		0	7	14			
Panjang Batang (cm)	A	10	11.1	11.8	1.1	0.7	0.9
	B	11	12.25	12.6	1.25	0.35	0.8
	C	9.7	11	12	1.3	1	1.15
	D	12.75	13.75	14.5	1	0.75	0.875
	E	10.25	11.2	12	0.95	0.8	0.875
	F	12	14	15	2	1	1.5
	G	11.65	13	13.45	1.35	0.45	0.9
	H	15.65	16.5	17	0.85	0.5	0.675
Jumlah Daun	A	7	9	9	2	0	1
	B	5	5	5	0	0	0
	C	5	7	7	2	0	1
	D	5	4	4	-1	0	-0.5
	E	4	4	4	0	0	0
	F	6	6	6	0	0	0
	G	5	6	6	1	0	0.5
	H	7	7	7	0	0	0
Lebar Daun (cm)	A	8.5	9.55	9.8	1.05	0.25	0.65
	B	10.6	11	12.3	0.4	1.3	0.85
	C	5.75	6	7.2	0.25	1.2	0.725
	D	9.45	10	11.5	0.55	1.5	1.025

	E	9	9.4	9.9	0.4	0.5	0.45
	F	9.05	10.75	11.2	1.7	0.45	1.075
	G	9	9.5	10.3	0.5	0.8	0.65
	H	10.15	10.3	10.4	0.15	0.1	0.125

Keterangan	Variabel
A	<i>Azotobacter chroococcum</i>
B	<i>Bacillus mucilaginosus</i>
C	<i>Azotobacter chroococcum</i> : <i>Bacillus mucilaginosus</i>
D	<i>Azotobacter chroococcum</i> : EM4
E	<i>Bacillus mucilaginosus</i> : EM4
F	EM4 : <i>Bacillus mucilaginosus</i> : <i>Azotobacter chroococcum</i>
G	EM4
H	Kontrol Negatif

II. PERHITUNGAN

a. Perhitungan Prosentase Perubahan Kadar C,N,P dan K

- Untuk kadar karbon
variabel *Azotobacter chroococcum* 100 %
Kadar awal C (a)
$$= 1.24\%$$

Kadar C setelah proses selama 5 hari (b)
$$= 0.68\%$$

Prosentase perubahan kadar C
$$= (b-a) / a \times 100\%$$

$$= (0.68\% - 1.24\%) / 1.24\% \times 100\%$$

$$= -45.16\%$$
 (nilai negatif (-) menunjukkan penurunan kadar)
- Untuk kadar nitrogen
variabel *Azotobacter chroococcum* 100 %
Kadar awal N (a)
$$= 0.02\%$$

Kadar N setelah proses selama 5 hari (b)
$$= 0.04\%$$

Prosentase perubahan kadar N
$$= (b-a) / a \times 100\%$$

$$= (0.04\% - 0.02\%) / 0.02\% \times 100\%$$

$$= 100\%$$
 (nilai positif menunjukkan kenaikan kadar)
- Untuk kadar fosfor
variabel *Azotobacter chroococcum* 100 %
Kadar awal P (a)
$$= 0.016\%$$

Kadar P setelah proses selama 5 hari (b)
$$= 0.018\%$$

Prosentase perubahan kadar P

$$= (b-a) / a \times 100\%$$

$$= (0.018\% - 0.016\%) / 0.016\% \times 100\%$$

$$= 12.5\% \text{ (nilai positif menunjukkan kenaikan kadar)}$$

- Untuk kadar kalium

variabel *Azotobacter chroococcum* 100 %

Kadar awal K (a)

$$= 0.08\%$$

Kadar K setelah proses selama 5 hari (b)

$$= 0.25\%$$

Prosentase perubahan kadar K

$$= (b-a) / a \times 100\%$$

$$= (0.25\% - 0.08\%) / 0.08\% \times 100\%$$

$$= 212.5\% \text{ (nilai positif menunjukkan kenaikan kadar)}$$

- Untuk rasio C/N

variabel *Azotobacter chroococcum* 100 %

Rasio awal C/N (a)

$$= 62$$

Rasio C/N setelah proses selama 5 hari (b)

$$= 17$$

Prosentase perubahan kadar K

$$= (b-a) / a \times 100\%$$

$$= (17 - 62) / 62 \times 100\%$$

$$= -72.58\% \text{ (nilai negatif (-) menunjukkan penurunan rasio)}$$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penyusun dengan nama lengkap Johndiar Manuel, sering dipanggil John, lahir di Bandung, 28 Juni 1995. Sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Saat ini bertempat tinggal di Jl. Kaliabang Tengah Perum Vila Mas Indah blok C.12 No.2 Bekasi Utara, Jawa Barat.

Pendidikan formal yang ditempuh :

- SD Dwisakti Bandung pada tahun 2001 – 2007 lulus pada tahun 2007
- SMP Strada Budi Luhur, Bekasi pada tahun 2007-2010 lulus pada tahun 2010
- SMAN 1 Bekasi, pada tahun 2010 – 2013 lulus pada tahun 2013
- S1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013 - sekarang

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penyusun dengan nama lengkap Rachmat Sandryan , sering dipanggil Sandryan, lahir di Mojokerto, 9 Mei 1995. Sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini bertempat tinggal di Kedungkwali Gang 7 Nomor 36 B, Kota Mojokerto.

Pendidikan formal yang ditempuh :

- SDN Miji 1, Kota Lumajang pada tahun 2001 – 2007 lulus pada tahun 2007
- SMP Negeri 01 Kota Mojokerto, pada tahun 2007-2010 lulus pada tahun 2010
- SMA Negeri 2 Kota Mojokerto, pada tahun 2010 – 2013 lulus pada tahun 2013
- S1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013 - sekarang